



STRECKER

JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

II. JAHRGANG 1913

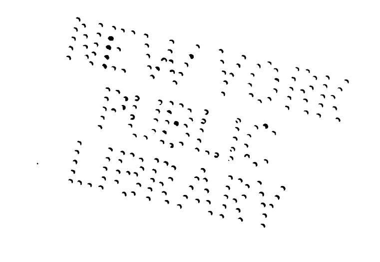
JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

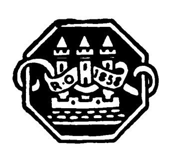
ÜBERSICHT ÜBER DIE WICHTIGEREN ERSCHEINUNGEN AUF DEM GESAMTGEBIETE DER ELEKTROTECHNIK

UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHGENOSSEN HERAUSGEGEBEN VON

DR. KARL STRECKER

ZWEITER JAHRGANG
DAS JAHR 1913





MÜNCHEN UND BERLIN 1914
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG

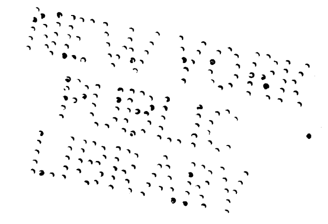
Vorwort.

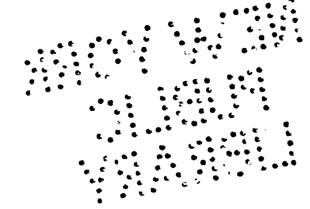
Das Jahrbuch der Elektrotechnik stellt sich die Aufgabe, über die wichtigeren Ergebnisse und Vorkommnisse des abgelaufenen Jahres zusammenhängend zu berichten. Das große Gebiet ist nach dem aus dem Inhaltsverzeichnis zu ersehenden Plan in zahlreiche Abschnitte zerlegt, und es ist ein zahlreicher Stab Mitarbeiter gewonnen worden, deren jeder ein mit seiner Berufstätigkeit eng zusammenhängendes Gebiet zur Bearbeitung übernommen hat.

Der vorliegende Jahrgang umfaßt die Literatur vom 1. November 1912 bis 31. Dezember 1913.

Berlin, September 1914.

Strecker.





Inhaltsverzeichnis.

A. Elektromechanik.

I. Allgemeines.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1913. Von Prof. Dr. Otto Edelmann, Nürnberg. — Vereinswesen und Kongresse. Von Generalsekretär Georg Dettmar, Berlin. — Bildungswesen. Von Prof. Dr. Josef Epstein, Frankfurt a. M. — Sozial-Technisches. Von Oberingenieur Karl Seidel, Berlin. — Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik. Von Gerichtsassessor Hartung, Berlin. — Technisches-Wirtschaftliches. Von Dipl.-Ing. Ernst Schneider, Berlin. — Technische Vorschriften und Normalien. Von Generalsekretär Georg Dettmar, Berlin.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1913.

Von Prof. Dr. O. Edelmann.

Deutschland.

Leipzig. Die größte Veranstaltung des vergangenen Jahres war die Baufachausstellung in Leipzig, auf der auch die Elektrizität in allen ihren Anwendungen in reichem Maße vertreten war. Leider war das ganze Fach sehr zersplittert, so daß sich eine Übersicht über das Vorhandene schwer gewinnen ließ. Es wäre ganz interessant gewesen, über den Einfluß der Elektrotechnik auf das Bauwesen eine Untersuchung anzustellen. Die Elektrizität käme da nicht nur als helfende Dienerin bei Bereitung der Materialien und der Errichtung von Bauten aller Art, in Gestalt von Beleuchtung, Pumpen, Baumaschinen, Aufzügen, Transporteinrichtungen u. dgl., in Betracht, sondern auch für die Inneneinrichtungen der Gebäude und für den gesteigerten Wohnungskomfort. Das Bauwesen hat ferner Aufgaben und Anregungen erhalten durch den Bau der Elektrizitätswerke, seien es nun umfangreiche Wasserbauten, Talsperren u. dgl., seien es Zweckbauten für Dampfzentralen, Schalthäuser, große und kleine Transformatorenstationen. Alles dies konnte man in Leipzig finden, wenn man sich gehörig Zeit nahm und die Ausstellung genau durchsuchte.

Eine rein elektrotechnische Ausstellung hat in Deutschland nicht stattgefunden. Bemerkenswert ist, daß mehrere der früheren elektrischen Fachausstellungen für Haus, Gewerbe und Landwirtschaft den Anlaß zu ständigen Ausstellungen der Elektrizitätszentralen gegeben haben, die zugleich als Auskunftsstellen für den Konsumenten und Interessenten dienen. Bei den wenigen sonstigen Ausstellungen, wo die Elektrizität vertreten war, war sie nicht das Hauptthema.

In Essen ward der Gewerbeschau (Juli bis September) eine Sonderabteilung angegliedert: Die Elektrizität in Haus und Gewerbe, wobei auch die Landwirtschaft berücksichtigt war. Infolge günstiger Stromlieferungsbedingungen der

Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke konnten fast alle elektrischen Apparate im Betrieb gezeigt werden.

In **Straßburg** hat im Januar die landwirtschaftliche Wanderausstellung stattgefunden, bei der elektrische Maschinen und Apparate in reichem Maße vertreten waren. Merkwürdigerweise fehlte aber der elektrische Pflug.

Ausland.

Gent. Die Nachrichten über solche Veranstaltungen sind in der Literatur etwas spärlich; z. B. findet sich merkwürdigerweise gar nicht viel über die Weltausstellung in Gent. Die deutsche Elektrotechnik war dort kaum vertreten, fast nur belgische und französische Firmen hatten ausgestellt, England in geringem Maß, Amerika gar nicht. Die Darbietungen waren für den Fachmann von Interesse, wenn er sich nicht gar zu sehr auf ein Spezialgebiet beschränkte.

In **Sittard** (Holland) war Ende Juni und Anfangs Juli im Zusammenhang mit den Jubiläumsfeierlichkeiten eine Veranstaltung mit dem langatmigen Titel: Provinziale, Nationale und Internationale Ausstellung von Industrie, Handel, Landwirtschaft, Künsten und Wissenschaften, wobei auch die Elektrotechnik vertreten war.

In **Basel** fanden gelegentlich des Schweizer Elektrotechnikertages unter Mitwirkung und Unterstützung der Baseler Behörden im August und September eine spezielle elektrische Ausstellung für Haushalt und Gewerbe statt, bei der eine Reihe von gewerblichen Betrieben tätig vorgeführt wurde. Der Zweck der Ausstellung war eine Propaganda für den Stromabsatz der neuen Wasserkraft bei Augst.

In **Galánta** (Ungarn) war eine Internationale Vorführung von Motorpflügen im Juli und August.

Dorpat. Der Livländische Verein zur Förderung der Landwirtschaft und des Gewerbefleißes hielt in Dorpat eine Ausstellung ab, deren Beschickung von unserem ständigen Ausstellungskomitee empfohlen wurde. — In **Petersburg** war vom November bis Januar 1914 die zweite Internationale Ausstellung für Beleuchtungs-, Heizungs-, Vergasungs- und Feuerlöschanlagen. — In **Warschau** hat die Warschauer Technikerkasse eine Beleuchtungsindustrieausstellung gemeinnützigen und didaktatischen Charakters abgehalten.

In **Paris** hat Ende März die jährliche Ausstellung der französischen physikalischen Gesellschaft stattgefunden, bei der vorzugsweise Meßinstrumente aus unserem Fach ausgestellt waren. Der französische Berichterstatter schreibt darüber: „Wenn man auch hinsichtlich der Elektrizität nichts von sensationellen Neuheiten entdeckt, so konnte man sich dafür von dem Grade der Vollendung überzeugen, zu dem die Konstrukteure jetzt gelangt sind.“ Diese Charakteristik trifft wohl ganz allgemein auf das elektrische Ausstellungswesen der Gegenwart zu.

Eine ganz besonders rege Ausstellungstätigkeit herrschte, wie immer, in London. Freilich werden in den englischen Fachblättern auch die kleinen und kurzdauernden Veranstaltungen dieser Art registriert. Es befanden sich dort auch einige Veranstaltungen, die von unserer Deutschen Ausstellungskommission nicht empfohlen worden sind, z. B. die „Deutsch-Englische Ausstellung“, die denn auch ein erhebliches Fiasko bedeutete. Erwähnenswert sind eine medizinische Fachausstellung in der zweiten Augustwoche, die Jahresausstellung der physikalischen Gesellschaft (Apparate), eine Building Trades Exhibition (April), ferner eine Commercial Motor Vehicle Exhibition, bei der der Berichterstatter der englischen Fachzeitschrift die ungenügende Vertretung der Elektrotechnik beklagte; ferner die Imperial Services Exhibition, bei der die drahtlose Telegraphie eine Rolle spielte. Im Oktober war in London ein „Elektrisches Haus“ ausgestellt. Schließlich mag von den Londoner Ausstellungen noch die Loundry Exhibition erwähnt werden, bei der aber die Elektrotechnik nur sehr schwach vertreten war. Die Zeitschrift „The Electrician“ konstatiert, daß das leider eine versäumte Gelegenheit für die elektrische Industrie gewesen sei. —

In **Exeter** war im Juli eine Ausstellung des Kgl. Sanitätsinstituts. — Es fand sich auch eine kurze Notiz von einer Ausstellung in **Liverpool.** — In **Sheffield** war Ende Oktober bis Anfang November die Fuel, Light und Power Exhibition, eine gemeinsame Veranstaltung von Gas und Elektrizität für Gewerbe und Haus. — In **Brighton** hat im November eine Ausstellung stattgefunden, bei der das elektrische Kochen, Hotelbetrieb u. dgl., vorgeführt wurde. — Eine größere elektrische Fachausstellung war im Oktober und November in **Glasgow.** Den Ausstellern hat dort der elektrische Strom gänzlich kostenfrei zur Verfügung gestanden.

Aus Amerika liegen spärliche Nachrichten vor. Besonders bemerkenswert erscheint in **New York** die Exhibit of German Safety Appliances als Teil der Internationalen Ausstellung für Unfallverhütung und Hygiene. Die „Electrical World" rühmt diese deutsche Ausstellung, die hauptsächlich von der AEG gestellt worden war, sehr. Unter Hinweis auf die außerordentlich zahlreichen industriellen Unfälle in Amerika werden die deutschen Methoden zur Sicherung der Arbeiter als nachahmenswertes Beispiel empfohlen. — Dieselbe Zeitschrift betont die Wichtigkeit, welche die „State Fair Electrical Exhibits for Farmers", wie eine in **Milwaukee** abgehalten wurde, für die elektrische Industrie haben. In **New York** war ferner noch eine Electrical Show. Sie hatte über 100 Aussteller, darunter bedeutende Großfirmen Amerikas. Außer den Anwendungen für Haus, Gewerbe und Landwirtschaft wurde auch rein Fachliches geboten. — In **Montreal** eröffnete im November Edison eine elektrische Ausstellung, auch für Haus und Gewerbe, wobei Vorträge über elektrisches Kochen, Heizen usw. gehalten wurden. Auch die Anwendung in der Medizin und im Hospitalwesen wurde gezeigt.

In **Montevideo** war eine Viehausstellung, bei der das elektrische Scheerverfahren besonderes Interesse erregte, das in Tätigkeit vorgeführt wurde.

In **Johannesburg** fand eine Bergwerksausstellung, ferner eine Landwirtschaftliche Ausstellung statt. Deutschland soll spärlich vertreten gewesen sein. England stellte Maschinen und Apparate im Betriebe aus, auch Geräte und Maschinen für das Haus. — Die landwirtschaftliche Gesellschaft veranstaltete in **Port Elizabeth** (Britisch-Südafrika) eine Prüfung von Motorpflügen.

Wenn man diese ganzen Veranstaltungen überblickt, so sieht man, daß die rein elektrotechnischen Fachausstellungen außerordentlich in der Minderzahl waren. Wo solche stattgefunden haben, bezogen sie sich fast nur auf die Anwendung in Haus, Gewerbe und Landwirtschaft. Hingegen ist die Elektrizität häufig auf anderen Fachausstellungen aller Art vertreten. Die Spezialisierung des Ausstellungswesens bei gleichzeitiger Verkleinerung des Umfanges stellt jedenfalls ein ganz gesundes Prinzip dar. Die Aussteller haben bei solchen Gelegenheiten viel eher die Möglichkeit, wirklich bei den einschlägigen Interessenten zur Geltung zu kommen, als bei den ganz großen Ausstellungen. Dies gilt auch für diejenigen Fachausstellungen, die aus Anlaß von Kongressen stattfinden.

Vereinswesen und Kongresse.

Von Generalsekretär G. Dettmar.

Das American Institute of Electrical Engineers[1]) (New York) ist mit der Revision seiner Maschinennormalien beschäftigt. Um die herrschende Stimmung der Mitglieder kennen zu lernen, wurde eine außerordentliche Hauptversammlung für den 26. bis 28. Februar einberufen, welche ausschließlich diesem Thema gewidmet war. Im ganzen wurden 45 Vorträge gehalten, von welchen sich mehrere mit dem Einfluß der Lufttemperatur auf die Erwärmung beschäftigten. Ferner wurde der Einfluß von Luftdruck und Luftfeuchtigkeit auf die Erwärmung sowie Temperatur und Temperaturmessungen behandelt.

Über die Verluste in den Maschinen, insbesondere über zusätzliche Verluste und Bürstenreibungs- und Übergangsverluste wurden eingehende Verhandlungen gepflogen. Zur Festlegung der Kurvenform von Wechselströmen wurde ein bemerkenswerter Vorschlag dahingehend gemacht, daß die Größe des bei Anschluß eines bestimmten Kondensators auftretenden Ladestromes als Grundlage benutzt werden soll.

Der Elektrotechnische Verein Wien[2]) feierte am 15. und 16. März sein 30 jähriges Jubiläum durch eine Festversammlung unter lebhafter Beteiligung der Behörden und technischen Kreise Österreichs. Auch eine Reihe befreundeter Vereine Ungarns, Deutschlands und der Schweiz waren vertreten. Im Anschluß daran hielt der Verein am 19. März seine 31. ordentliche Generalversammlung ab.

Die Institution of Electrical Engineers und die Société Internationale des Electriciens[3]) hielten in der Zeit vom 21. bis 24. Mai in Paris eine gemeinschaftliche Sitzung ab, in welcher hauptsächlich Fragen der elektrischen Zugförderung besprochen wurden.

In der Zeit vom 1. bis 4. Juni tagte die Vereinigung österreichischer und ungarischer Elektrizitätswerke[4]) in Budapest, wobei Jellinek, Wien, über erste Hilfeleistung bei elektrischen Unfällen sprach; Harbich berichtete über die Einführung einer besonderen Haftpflicht für elektrische Betriebsanlagen sowie über die Frage des Elektrizitätswegegesetzes, Deutsch über die Eichung von Elektrizitätszählern, Scheinitz berichtete sodann über die neue Verordnung für das Gewerbe für Herstellung und Betrieb elektrischer Anlagen.

Der Verband der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland[5]) versammelte sich in der Zeit vom 8. bis 11. Juni in Nürnberg, wobei Ely einen Vortrag über Elektrizitätswerke und Installationsfirmen hielt. Im Anschluß daran wurde die Frage des Zusammenarbeitens mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke erörtert. Die Versammlung beschäftigte sich sodann mit der Zunahme der Veräußerung und Verpachtung kommunaler Werke und der dadurch dem Installationsgewerbe drohenden Gefahren. Bürgermeister Eberle referierte über die Neugestaltung des Submissionswesens. Der Geschäftsführer des Verbandes, Hohnhof, berichtete über das Ausbildungswesen. Die gemeinschaftlich mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker aufgestellten Schwachstromvorschriften wurden vorgelegt und von der Versammlung genehmigt. Die Frage der Monopolbestrebungen der Elektrizitätsindustrie und die Ringbildung der Fabrikanten waren Gegenstand weiterer Beratungen.

Die Vereinigung der Elektrizitätswerke[6]) versammelte sich am 11. Juni in Trier zur Abhaltung ihrer Jahresversammlung. Passavant berichtete ausführlich über die Fortbildung des Schadenersatzrechtes im Sinne einer erweiterten Haftpflicht der Elektrizitätswerke. Im Anschluß daran wurde eine Resolution in dieser Frage gefaßt. Wikander erörterte die Frage der Geschäftspolitik der Elektrizitätswerke und Maßnahmen zur Erhöhung des Stromabsatzes, und Meyer beschäftigte sich mit einem zweckmäßigen Verteilungssystem für Überlandzentralen. Über die Angliederung von Eisfabriken an Elektrizitätswerke wurden Referate erstattet und außerdem die Verwendung von Kesseln und selbsttätigen Feuerungen in Elektrizitätswerken behandelt. Ely hielt noch einen Vortrag über den Anschluß von Einphasenleitungsnetzen an Drehstromnetze und Henney über die Erfahrungen mit Aluminiumleitungen.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker[7]) hielt seine Jahresversammlung am 19. und 20. Juni in Breslau unter starker Beteiligung von Vertretern der Behörden und befreundeter Vereine ab. Usbeck behandelte in dem Festvortrage die wirtschaftliche Bedeutung des elektrischen Hauptbahnbetriebes. Im Anschluß hieran erstattete der Generalsekretär den Bericht über die letztjährigen Arbeiten der Geschäftsstelle und der Kommissionen.

Sodann wurden drei Referate erstattet, und zwar von Ruppel über Gebäudeblitzschutz, von Weidig und Jaentsch über Koronaerscheinungen an Leitungen und von Monasch über die neueren elektrischen Lichtquellen. Das Hauptthema der Versammlung lautete „Verteilung elektrischer Energie über große Gebiete". Es wurde in einem einleitenden Vortrage von Klingenberg[8]) behandelt, worauf in eine ergiebige Diskussion eingetreten wurde. Der Vortragende behandelte den Bau von Leitungsnetzen und die Einrichtung großer Transformatorenstationen, wobei er auch bezüglich der letzteren auf die architektonische Ausgestaltung solcher Stationen besonderes Gewicht legte. Die Konstruktion von Freileitungsnetzen wurde ausführlich erörtert, wobei der Konstruktion der Maste besondere Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Auch die Frage der Verwendung von Erdungsseilen wurde besonders behandelt. Am Schlusse wurden ausführliche Rechnungen gegeben zur Ermittlung der wirtschaftlichen Spannweite. Über die weiteren Beschlüsse der Jahresversammlung siehe besonderen Bericht unter „Technische Vorschriften und Normalien".

Am 27. August fand eine Sitzung der Internationalen Lichtmeßkommission in Berlin statt, an welcher 45 Herren aus allen wichtigen Ländern teilnahmen. Diese im Jahre 1900 gegründete Kommission, welche bisher nur aus Gasfachleuten bestand, beschloß in einer viertägigen Sitzung Änderungen ihrer Satzung in dem Sinne, daß sie sich zu einer Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission[9]) wandelte. Sie will nunmehr alle Fragen der Beleuchtungstechnik untersuchen und internationale Vereinbarungen hierüber herstellen. Zum Präsidenten wurde Vautier, Lyon, zum Ehrensekretär Paterson, London, gewählt. Das Deutsche Reich ist in dieser internationalen Kommission durch die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft vertreten.

Der Schweizerische Elektrotechnische Verein[10]) tagte zusammen mit dem Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke und dem Verband Schweizerischer Installationsfirmen in den Tagen vom 30. und 31. August in Basel, woselbst eine Elektrizitätsausstellung für Haushalt und Gewerbe stattfand. Bei den Beratungen des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke sprachen Strehlin über komplexe Elektrizitätszähler und Marti über den Elektromotor in der Landwirtschaft. Auf der Jahresversammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins gab dessen Generalsekretär Wyßling einen Bericht über die Arbeiten. Von besonderem Interesse waren die Mitteilungen über die Tätigkeit der schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb.

Der Verein Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen[11]) hielt seine Jahresversammlung in Köln a. Rh. vom 2. bis 5. September ab. Es wurden Fragen der Elektrizitätsgesetzgebung behandelt und hierbei auch besonders die Schadenhaftung elektrischer Anlagen. Buschbaum hielt einen Vortrag über Stromzuleitung elektrischer Bahnen vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit aus. Es wurden dann ferner die Fragen der Riffelbildung, des Steinpflasters in Asphaltstraßen behandelt und über Erfahrungen mit Kugellagern und Rollenlagern, über Metallfadenlampen und über Fahrscheinautomaten berichtet.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission[12]) hielt in der Zeit vom 1. bis 6. September ihre Gesamtsitzung in Berlin unter Beteiligung von 80 Delegierten aus 24 Ländern ab. Die Reichsregierung begrüßte die Erschienenen auf das herzlichste. An Stelle des erkrankten Vorsitzenden Budde wurde die Versammlung von Warburg geleitet. In derselben wurden internationale Kupfernormalien beschlossen. Sodann wurde die einheitliche Benennung elektrischer Größen (Nomenklatur) behandelt und Definitionen der für Wasserkraftanlagen in Betracht kommenden Größen festgelegt. Sehr lange Zeit wurde über die zu schaffenden internationalen Maschinennormalien diskutiert, ohne daß eine Einigung zustande kam. Es wurde ein Teil der Vorlagen angenommen, der Rest aber auf die nächste Versammlung verschoben. Es

wurde weiterhin eine Liste internationaler Formelzeichen aufgestellt. Zum neuen Präsidenten wurde le Blanc, Paris, und zum Ehrensekretär Crompton, London, gewählt.

[1]) El. World Bd 61, S 515. — [2]) El. Masch.-Bau 1913, S 289, 328. — [3]) El. World Bd 61, S 1349. — [4]) ETZ 1913, S 1265; El. Masch.-Bau 1913, S 626. — [5]) Elektrizität 1913, S 411, 438, 460, 496, 537, 555, 573, 592, 605, und ETZ 1913, S 916. — [6]) ETZ 1913, S 827. — [7]) ETZ 1913, S 888, 920, 953, 979, 1010, 1038, 1067, 1096, 1128, 1153. — [8]) ETZ 1913, S 697, 741, 765, 795, 817. — [9]) ETZ 1913, S 1094. — [10]) Bull. Schweiz. El. Ver. 1913, S 319—20. — [11]) ETZ 1913, S 1117. — [12]) ETZ 1913, S 1091.

Bildungswesen.

Von Prof. Dr. J. Epstein.

Als Veröffentlichungen umfassenden Inhalts, wie wegen der Bedeutung der Stellen, von denen sie ausgehen, sind die Veröffentlichungen des „Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen“[1]) und des Amerikanischen „Educational Committee“[2]) voranzustellen. Der deutsche Ausschuß leistet mit seinem Schriftchen „Die Ausbildung für den technischen Beruf“, welches für 35 Pf vertrieben wird, direkt produktive Arbeit, indem er den jungen Leuten die richtigen Wege zeigt. Er unterscheidet deren drei, wobei für die Wahl nicht das Ziel allein, sondern vor allem Vorbildung und Kräfte maßgebend sein sollen.

Die Ausbildung für die höheren und mittleren Stellen des technischen Berufes erfolgt auf Hochschulen und Mittelschulen. Ein erfolgreiches Studium auf einer technischen Hochschule setzt diejenige Vorbildung voraus, welche die neunklassige höhere Lehranstalt gibt, und dazu muß eine mindestens einjährige Praxis treten. Wer nur Einjährigenbildung besitzt, sollte zwei Jahre praktisch tätig sein und dann technische Mittelschule besuchen, allenfalls später, wenn er bereits längere Zeit im Beruf sich bewährt hat, zu vertiefter Ausbildung noch die Hochschule aufsuchen. Durch eine Vermittlungsstelle erleichtert der Ausschuß den Studierenden, Gelegenheit zu einer ein- oder zweijährigen Praxis zu finden. Wer nur Volksschulbildung besitzt, soll nach drei- oder vierjähriger praktischer Tätigkeit eine niedere Fachschule aufsuchen, die Ausbildung für künftige Werkstattsleiter oder technische Hilfskräfte gewährt. Der Ratgeber warnt vor irreführenden Anpreisungen vieler Privatschulen, die häufig gar nicht in der Lage sind, die erforderlichen hohen Aufwendungen für Lehrmittel und Lehrkräfte zu machen, und erleichtert die Auswahl einer geeigneten Anstalt durch eine tabellarische Zusammenstellung.

In Amerika berichtet das „Educational Committee“ über die Gründung einer „National Association of Corporation Schools“. Die Anregung dazu ging von der New York Edison Company aus. Nach 3/4 Jahren Bestehens umfaßt die Vereinigung Unternehmungen, die 500 000 Angestellte beschäftigen und für ihre Weiterbildung sorgen. Derselben gehören die führenden elektrischen Fabriken und Betriebsgesellschaften an. Es ist nicht beabsichtigt, Unterrichtsprogramme aufzustellen oder gar selbst Kurse einzurichten, sondern es wird anerkannt, daß jedes Unternehmen seine eigenen Anforderungen stellt, die, ohne Umwege zu erfüllen durch Erfahrungsaustausch erleichtert werden soll. Der amerikanische Unternehmer empfindet die Notwendigkeit, sein Personal auch noch selbst durchzubilden, und die Bildungsanstalten begrüßen in seinem Eingreifen eine wertvolle Ergänzung ihrer Bestrebungen.

Das Educational Committee studiert im Laufe der Zeit das technische Schulwesen in ganz Amerika und berichtet dieses Jahr über Philadelphia und die Fortbildungsschulen der Pennsylvania Railroad. Der Bericht tritt warm für die Abendschulen ein. Der Lehrplan hat der Verschiedenheit des Schülermaterials Rechnung zu tragen. Wer nur spezielle Fachbildung wünscht, erhält die dafür

erforderlichen Unterlagen im Rahmen des Fachunterrichtes. Für ernsteres, gründlicheres Studium sind fortlaufende Kurse aufgebaut, wobei der Besuch des nächsten an den Besuch des vorhergehenden geknüpft ist. Die Schule soll etwa die Grundlagen der Elektrotechnik geben, das Verständnis der Vorgänge eröffnen; Spezialkenntnisse zu entwickeln dagegen, z. B. über verschiedene Installationsarten und ihre Verwendung, müsse der Praxis vorbehalten bleiben.

Auf das gegenseitige Hand-in-Handarbeiten von Schule und großen Unternehmungen wird ein besonderes Gewicht gelegt. Völliger Wegfall eines Schulgeldes hat sich nicht bewährt. Die Abendschule als solche bietet keine prinzipiellen Schwierigkeiten. Unterrichtsinstitute wie Drexel-Institute, Franklin Institute, Temple University, stellen die gleichen Lehrkräfte und Lehrmittel wie für den Tagesbetrieb für Abendkurse zur Verfügung. Los Angeles Polytechnic High School hat neben 2000 Tagesstudenten 1700 Abendschüler. Drexel Institute macht den Besuch von einer Aufnahmeprüfung abhängig. An drei Wochenabenden ist Unterricht, die andern werden für Ausarbeitung benötigt. Je nach Vorbildung beansprucht der Kursus 3 bis 5 Jahre. Die Anforderungen der Besucher haben das Niveau ständig gehoben. Temple University hält Abendkurse, die ebensoweit führen wie die Tageskurse.

Der Report der Educational Committee behandelt weiter die Schulen der Pennsylvania Railroad: Ihren sämtlichen Angestellten zugänglich ist ein „Korrespondenzkursus“ über Elektrotechnik (8000 Teilnehmer), ferner bestehen Telegraphenschule (achtmonatlicher Kursus für 25 Teilnehmer mit Aussicht auf Anstellung) und Kursus über elektrischen Bahnbetrieb mit praktischen Übungen (ca. 60 Teilnehmer), Lehrlingsschule.

Wenig geschieht im Westen: Die großen Betriebsunternehmen unterstützen wohl die bestehenden Lehrinstitute, wirken aber auf die fachliche Fortbildung des eigenen Angestellten direkt nur durch eigene Zeitschriften ein.

Der Bericht über die Minnesota-Sitzung der „Society for Promotion of Engineering Education“[3]) läßt ähnliche Schwierigkeiten erkennen als wir empfinden: Nicht auf den Erwerb von Kenntnissen komme es an, sondern auf die Fähigkeit, solche zu erwerben. Vielfach trete die Tendenz hervor, die Ausbildungszeit zu verlängern, was aber dem Widerspruch führender Erzieher begegne. Als Fehler der Absolventen wird Mangel an technischem Urteil und Erfahrung betont, eine gewisse Überhebung auf der einen Seite, Geistesenge auf der anderen, wachgerufen durch eine zu weit gehende Betonung von Mathematik und Theorie gegenüber Sozial- und Geisteswissenschaften.

Die technische Mittelschule gewinnt in ähnlicher Weise, wie dieses in den Veröffentlichungen des Deutschen Ausschusses hervortritt, Anerkennung ihrer Bedeutung neben der technischen Hochschule. Auch in Italien klagt man[4]), daß dem ehemaligen Hochschüler Aufgaben zufielen, die eine so weitgehende Ausbildung nicht verlangen. Die Hochschule sollte die Aufnahme erschweren, so daß sie für die Begabten reserviert bliebe und nur für die Arbeiten ausbilde, die eine höhere Geistesbildung und einen führenden Kopf auch verlangen.

Im Gegensatz dazu meint W a l l i c h s in seiner Aachener Rektoratsrede[5]), die Auffassung, die Hochschule sollte nur die führenden Geister heranbilden, während für das Gros der Ingenieure die technische Mittelschule genüge, habe die Industrie geschädigt. Er verlangt für den Ingenieurberuf akademische Bildung, soweit er nicht diejenigen Elemente umfasse, welche dauernd mehr mechanische, nachbildende, beaufsichtigende oder kontrollierende Arbeit bieten.

Tritt auch niemand für die Verlängerung unseres akademischen Studiums ein, so wird doch vielfach Neuaufnahme von Unterrichtsfächern oder weitere Ausdehnung solcher beansprucht, ganz besonders von wirtschaftlichen Disziplinen. So sollen Selbstkostenberechnungen, Werkstätten- und Industriebuchführung, Fabrikorganisation und Verwaltung gelehrt werden[6]). Genügt für die konstruierende oder ausführende Tätigkeit vielfach die Ausbildung durch die Maschinenbauschule, so müsse die Hochschule auf die verwaltende mehr Rück-

nicht nehmen und den Wirtschaftswissenschaften Raum geben, nötigenfalls unter Beschränkung der Mathematik. Die Mathematik soll als Handwerkszeug gegeben werden, ihr erzieherischer Wert wird sogfar bestritten. Dieses Zurückdrängen der Mathematik zugunsten der Wirtschatswissenschaften tritt vor allem an den Stellen zutage, die dem Ingenieur Stellungen erkämpfen wollen, die in Deutschland bisher dem Juristen zuzufallen pflegten. Doch verlangt auch der Bochumer Bezirksverein Deutscher Ingenieure in einer Eingabe wesentliche Verkürzung des mathematischen Hochschulstudiums und Ausbau des bisher vorgetragenen zu einer „technischen Mathematik".

Auch in Amerika wünscht man dem Mangel einer wirtschaftlichen Schulung abzuhelfen, denkt aber mehr daran, merkantile Fähigkeiten zu entwickeln[7]), und geht davon aus, daß dies nur durch den Unternehmer selbst geschehen kann. So organisieren die großen Elektrizitätswerke und elektrotechnischen Fabriken eigene Verkäuferkurse. In Chicago unterhalten fünf Gesellschaften gemeinschaftlich eine Schule mit dem Lehrziel, junge Leute in das kommerzielle Gebiet der Elektrotechnik einzuführen[8]).

Aber auch die technische Weiterbildung des jungen Ingenieurs lassen sich die amerikanischen Firmen angelegen sein, da sie eine systematische Überleitung vom Studium zur Betätigung für nötig finden[9]). Initiative Systeme in der Arbeit fehlen, das Verantwortlichkeitsgefühl sei gering. Hier will das Werk mit seiner Erziehung einsetzen; es muß den einzelnen seinen Fähigkeiten entsprechend plazieren und will seinerseits ihn theoretisch und praktisch in sein spezielles Arbeitsgebiet einführen. Werke wie die General Electric Co. sind sich bewußt, durch ihren Stab in der Praxis stehender Ingenieure auch inhaltlich mehr leisten zu können als die Hochschule. Die jungen Ingenieure erhalten wöchentlich mehrstündige Vorlesungen durch führende Kräfte.

Eine beschränkte Zahl Student Engineers, die bereits ein Jahr Prüfabteilung mit Erfolg absolviert haben, können ¼ Jahr vom Consulting Engineering Department ausgebildet werden, und eine Auswahl aus diesen kann weiter zu einem siebenmonatlichen Fortbildungskursus einzelnen Ingenieuren zugeteilt werden. Aus den Teilnehmern an diesen Kursen soll sich der Nachwuchs für die besonders hohe Anforderungen stellenden Abteilungen rekrutieren.

Die amerikanischen Hochschulen gehen ihrerseits dazu über, postgraduate courses über höhere Elektrotechnik einzurichten; doch dürfte das Niveau nicht über das hinausgehen, was an unseren Hochschulen im Rahmen des allgemeinen Lehrplanes geboten wird.

Zu den Fortbildungskursen deutscher Hochschulen für die in der Praxis stehenden Ingenieure sind Lehrgänge einzelner elektrotechnischer Vereine über aktuelle Fragen getreten. Auch das American Institute of Electrical Engineers hat solche Kurse eingerichtet.

Die Eröffnungsrede des Institute of Civil Engineers stellt als zurzeit besonders wichtige Aufgabe des Vereins hin, auf richtige Gestaltung der Praxis der Studierenden hinzuarbeiten[10]). In Deutschland hat der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen schon viel erreicht. Eine lebhafte Polemik knüpfte hier an das Eintreten Zieses für eine 3- bis 4 jährige praktische Tätigkeit des Hochschulingenieurs an, wenn auch zugegeben wird, daß für die gesamten Zweige der Ingenieurtätigkeit ein Jahr nicht ausreicht[11]). Das Hauptgewicht wird übereinstimmend nicht auf den Erwerb von Fertigkeiten, sondern auf den Einblick gelegt, den die praktische Tätigkeit gewährt. Darum wird durchgängig die Fabriklehre empfohlen und selbst Beschäftigung in der Eisenbahnwerkstätte als wenig vorteilhaft bezeichnet, weil hier das wirtschaftliche Moment nicht genügend hervortrete.

Auf dem Gebiet der niederen Fachausbildung hat der Kampf der gelernten Elektroinstallateure gegen die Schnellkurse zur Heranbildung von Spenglern, Schlossern, Kupferschmieden zu Elektroinstallateuren insofern offiziell einen Abschluß gefunden, als der Verband der elektrotechnischen Installationsfirmen Deutschlands gemeinschaftlich mit der Vertretung der

Handwerkskammern einen Lehrplan aufgestellt hat, nach dem Angehörige verwandter Gewerbe ohne irgendwelche elektrotechnische Praxis in achtwöchentlichen Kursen zu Elektroinstallateuren ausgebildet werden sollen[12]). Dabei muß in diesen Kursen Gebrauch der einfachsten Zeichengeräte, allgemeines Rechnen und ähnliche Grundlagen gelehrt werden, während weiterhin der Unterricht in erster Linie in praktischen Installationsübungen bestehen soll! Die elektrotechnische Gesellschaft Nürnberg nahm gegen einen Kursus, den die dortige Handwerkskammer abgehalten hatte, sehr entschieden Stellung. Innungen, Handwerkskammern, der Elektrotechnik fremd gegenüberstehende Körperschaften propagieren solche Kurse, und eine staatliche Maschinenbauschule veranstaltet z. B. Kurse „zu dem Zweck, Handwerker des Metallgewerbes solche Kenntnisse und Fertigkeiten zu vermitteln, die sie befähigen, die Installation bzw. Montage elektrischer Anlagen in einer den neuzeitlichen Anforderungen entsprechenden Weise selbständig auszuführen. Die Kurse werden auch selbständigen Handwerksmeistern empfohlen, welche die Installation von elektrischen Schwachstrom- und Starkstromanlagen als neuen Erwerbszweig aufnehmen wollen“. Der fragliche Kursus, der Installationsübungen, Veranschlagungen u. a. m. einschließt, beansprucht zwei Semester lang drei Abende der Woche zwei Stunden, also insgesamt etwa 250 Stunden!

Den tatsächlichen Anforderungen tragen Kurse mehr Rechnung, die im Anschluß und mit Unterstützung lokaler elektrotechnischer Unternehmungen abgehalten werden. Die Teilnehmer sollen nur für spezielle, eng umgrenzte Aufgaben angelernt werden und haben zunächst unter den Augen und unter Kontrolle der betreffenden Lehrstelle zu arbeiten. Sind sie auf einfache Leitungsverlegung eingearbeitet, so kann dann im nächsten Jahr ein „Ergänzungskursus“ weiterführen, z. B. Motoranschluß, Fehlersuchen u. dgl. behandeln.

Der Belehrung des praktisch ausgebildeten und im Fach tätigen Elektroinstallateurs, Monteurs, Maschinenwärters wird weiter viel Sorgfalt zugewendet und die gebotene Gelegenheit eifrig benutzt. Bei den Veranstaltungen, die von den elektrotechnischen Vereinen oder sonstigen Fachkreisen ausgehen, tritt die Tendenz einer Beschränkung zutage, sowohl in bezug auf die Teilnehmer, von denen ausgiebige Praxis verlangt wird, als in bezug auf Stoffauswahl und das, was als Lehrziel versprochen wird. Einzelgebiete werden in Sonderkursen behandelt und weitergehenden Bedürfnissen, z. B. der Hochspannungsmonteure, getrennt Rechnung getragen. Auf dem viel bearbeiteten Gebiet der Blitzableiterkunde hat man für frühere Kursteilnehmer Wiederholungs- und Ergänzungskurse eingerichtet.

Dem strebsamen Elektromechaniker und Monteur rät Epstein[13]) in erster Linie gewerbliche Fortbildungsschule an, deren allgemein technischen Unterricht (Rechnen, Mathematik, Zeichnen, Physik) jeder ausgiebig besuchen solle, der vorankommen wolle, ferner die Monteurkurse des Verbandes. Die Fachschule komme für besonders Tüchtige in Frage und könne auf dem weiterbauen, was der Strebsame bei dem hochentwickelten Fortbildungsschulwesen Deutschlands in Abendkursen gelernt haben könne.

Im Gegensatz zu den alten Fachschulen, die daran festhalten, Leuten mit mehrjähriger Praxis eine theoretische Ergänzung ihrer Ausbildung zu geben, bildet die neue „Fachschule für Maschinenbau und Elektrotechnik“ der Stadt Augsburg in dreijährigem Lehrgang Lehrlinge aus. Von den 49 Wochenstunden entfallen nur 32 auf Werkstatt, 17 auf Schulunterricht. Rieppel hat festgestellt, daß „die deutschen Praktiker, soweit ihnen ein Urteil aus der Erfahrung zusteht, wohl mit einer überwiegenden Mehrheit die praktische Berufsausbildung in Schulwerkstätten verurteilen“. Selbst in Schulkreisen beginnt man ihren Wert weniger in einem Ersatz der Handwerks- oder Industrielehre zu erblicken, als in der Möglichkeit, eine ungenügende Meisterlehre zu ergänzen[14]). Sehr wertvolles Material über industrielle Lehrlingsausbildung und die dabei gemachten Erfahrungen veröffentlichen in eingehender Weise Rieppel (M. A. N.)[15]), Waldschmidt (Ludwig Loewe & Co.)[16]) sowie Siemens &

Halske[17]). Übereinstimmend geschieht die Beschäftigung nur die erste Zeit in besonderer Lehrlingswerkstätte, möglichst bald wird der Lehrling den Betriebswerkstätten zugeteilt. Der Unterricht der Werkschule geschieht in den Tagesstunden. Loewe & Co. reservieren dafür einen Tag vollständig und lassen den Unterricht durch hauptamtlich angestellte Lehrer erteilen.

Siemens & Halske stellen jährlich 50 Lehrlinge neu ein. Die Ausbildung umfaßt vier Jahre, davon eines in den Lehrwerkstätten, die anderen halbjährlich wechselnd in Betriebswerkstätten, zuletzt eventuell mit Beschäftigung im Akkord. Der theoretische Unterricht beansprucht 6 bis 8 Wochenstunden. Zum Schluß wird Gelegenheit zur Gehilfenprüfung gegeben. Auch Gehilfen und Meistern werden Fortbildungskurse in verschiedenen Fachzweigen geboten. Sämtliche Kurse werden von Betriebsingenieuren abgehalten.

Für die Handwerkslehre scheidet der Installateurverband Ausbildung als Elektromechanikerlehrling und als Elektroinstallateurlehrling. Für das Elektroinstallateurgewerbe hat er eine Gehilfenprüfung ausgearbeitet, welche die praktische Prüfung in bezug auf Werkstatt- und Installationsarbeiten sowie eine theoretische Prüfung betrifft[18]).

Das vergangene Jahr hat eine Reihe wertvoller Veröffentlichungen gebracht, wie Kreise der Praxis und der Elektrotechnik im besonderen über Heranbildung zum Beruf und Weiterbildung denken und selbst dafür sorgen. Alle Stellen, die auf dem Gebiete der Aus- oder Fortbildung arbeiten, werden daraus zu lernen und Anregung zu schöpfen haben.

[1]) Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen. Die Ausbildung für den technischen Beruf in der mechanischen Industrie (Maschinenbau, Schiffbau, Elektrotechnik), ein Ratgeber für die Berufswahl. — [2]) Educational Committee, Proc. Am. Inst. Eng. 1913, S 1399. (Norris, Henderschott, Rowland, Sibley, Jackson and Hale.) — [3]) El. World, Bd 62, S 12. — [4]) Lori, Ass. El. Ital., Nov. 1912 (bespr. nach Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, Sektion 1, S 165). — [5]) Wallichs, Mag. f. Tech. u. Ind. pol., 4. Jhrg., S 59. — [6]) Lewin, Mag. f. Tech. u. Ind. pol., 4. Jhrg., S 515. — [7]) Gen. El. Rev. 1913, S 204, 213. — [8]) El. World, Bd 61, S 334. — [9]) Ashe, Gen. El. Rev. 1913, S 6, 72, 140. — [10]) Elliott Cooper, Electrician (Ldn.), Bd 70, S 166. — Voigt, Mag. f. Tech. u. Ind. pol., 3. Jhrg., S 564. — [12]) Verband der el. Installationsfirmen in Deutschland, Bericht über das 11. Geschäftsjahr, S 12; Derselbe, »Ausbildungskurse für Elektroinstallateure«, Musterlehrplan ... Drucksachen Nr. 657 u. 658. — [13]) Epstein. El. Anz. 1913, S 353. — [14]) Back, Z. f. prakt. Masch.-Bau 1913, S 1493. — [15]) A. von Rieppel, Tech. u. Wirtsch. 1913, S 421. — [16]) Waldschmidt, Tech. u. Wirtsch. 1913, S 836. — [17]) Die Lehrlingsausbildung bei der Firma Siemens & Halske A.-G. Wernerwerk. — [18]) Verband der el. Installationsfirmen in Deutschland, Bericht über das 11. Geschäftsjahr, S 8, 10; Derselbe, Gehilfenprüfungsordnung, Drucks. 659.

Sozial-Technisches.

Von Oberingenieur Karl Seidel.

Unfallverhütung. Arbeiterschutz. Die Unfallverhütungstechnik hat sich in Deutschland infolge der von staatlichen Organen und von Berufsgenossenschaften ausgeübten Beaufsichtigung der Betriebe hervorragend entwickelt. Sie ist auch Gegenstand des Unterrichts sowohl auf technischen Hochschulen wie auf gewerblichen Mittelschulen und in Fortbildungsschulen geworden. Die Literatur des vergangenen Jahres bringt in reichem Maße Mitteilungen über neue Schutzvorrichtungen für Maschinen und Betriebseinrichtungen, die auch in der Elektroindustrie Beachtung verdienen und finden. Es sei darauf hingewiesen, daß auch die Industrie aus eigenem Antriebe nicht nur Schutzvorrichtungen gegen die Gefahren an Leben und Gesundheit ihrer Arbeiter in den eigenen Betrieben einrichtet, sondern auch ihre bewährten Schutzvorrichtungen der Öffentlichkeit

zur Kenntnis bringt. So veröffentlicht die A E G in regelmäßig erscheinenden Einzelblättern „Unfallverhütung und Betriebssicherheit“ Schutzvorrichtungen aus ihren Betrieben. Die Berliner Elektrizitätswerke[1]) bringen in ihren Mitteilungen Nachrichten über die durch elektromotorischen Antrieb verbesserten Betriebseinrichtungen, die sich in der Hauptsache auf Absaugung von schädlichem Staub, Dämpfen und Gasen erstrecken. Der Arbeiterschutz wird auch durch den Ersatz der Riemenantriebe durch direkte elektromotorische Antriebe gefördert.

Vom Deutschen Reiche sowohl wie von einzelnen Landesregierungen sind ständige Ausstellungen für Arbeiterschutz eingerichtet, die leider in ihrer Bedeutung nicht genügend gewürdigt werden. Die Ständige Ausstellung für Arbeiterwohlfahrt, Berlin-Charlottenburg, vom Deutschen Reiche mit reichen Mitteln errichtet und unterhalten, hat im Berichtsjahre sehr beachtenswerte Schutzvorrichtungen neu zur Ausstellung gebracht. Eine ebenso erfolgreiche Erweiterung haben das Kgl. Bayerische Arbeitermuseum in München sowie die ähnlichen Ausstellungen in Stuttgart und Dresden erfahren; ferner ist eine solche Ausstellung in Nürnberg ins Leben getreten. Die Reichsanstalt hat in der Zeit von April bis Juli eine Sonderausstellung über die wirksame Beseitigung der in Metallbrennen und -beizereien entstehenden, außerordentlich giftigen, nitrosen Gase veranstaltet. Die Ausstellungsleitung gibt auf Wunsch über die Ergebnisse Auskunft. Eine Veröffentlichung über die Wirksamkeit der verschiedenen Einrichtungen wird im Jahresbericht der Ausstellung für 1913 erscheinen.

In den Tagen vom 9. bis 13. September 1913 hat in Wien der Internationale Kongreß für Rettungswesen und Unfallverhütung getagt[2]), der nicht nur über die erste Hilfeleistung nach Betriebsunfällen, sondern auch über unfallsichere Einrichtungen in den Betrieben eine große Reihe bemerkenswerter Vorträge gebracht hat.

Hardegg hat in einem Vortrage vor dem Elektrotechnischen Verein in Stuttgart[3]) den Arbeiterschutz und das Arbeiterrecht in Deutschland einer Betrachtung unterzogen und erläutert, wieweit sich dieser Schutz ausdehnt auf geistig sittlichem Gebiete, ferner in bezug auf Leben und Gesundheit und endlich in wirtschaftlicher Beziehung. Das Verbot der Sonntagsarbeit muß Ausnahmen erleiden, wie z. B. in Elektrizitätswerken. Die Arbeitsordnung sichert die erforderlichen Betriebspausen, angemessene Fristen der Lohnzahlung und der Kündigung sowie die Strafen, mit denen die Arbeiter belegt werden dürfen. Vor Aufstellung der Arbeiterordnung, die für Betriebe über 20 Personen obligatorisch ist, müssen die großjährigen Arbeiter gehört werden oder der ständige Arbeiterausschuß, sofern ein solcher in dem Betriebe gebildet ist. Tarifverträge sind rechtlich zwar nicht sichergestellt, aber auch nicht behindert. Durch den § 120 der Reichsgewerbeordnung werden die Verhältnisse in den Arbeitsräumen und die Betriebseinrichtungen geregelt. Eine Beschränkung der Arbeitszeit ist nur für weibliche und jugendliche Arbeiter gesetzlich gegeben, nicht aber für erwachsene männliche Arbeiter. In wirtschaftlicher Beziehung ist das Koalitionsrecht den Arbeitern gesetzlich gesichert, und anderseits werden sie durch das Truckverbot vor unzulässiger Ausnutzung bewahrt.

Wohlfahrtseinrichtungen. Über die Wohlfahrtseinrichtungen von Straßenbahngesellschaften in Twin-City bringt El. Railway[7]) einige Mitteilungen. Für die Angestellten der Straßenbahn werden nicht nur Ruheräume für die Erholung in Arbeitspausen den Arbeitern zur Verfügung gestellt, die auch mit unentgeltlich abgegebenen Bädern verbunden sind, sondern es werden auch Abendunterhaltungen. für die Familien der Arbeiter veranstaltet. Andere amerikanische Straßenbahnen[8]) veranstalten kinematographische Vorführungen auch vor Kindern, um die Kenntnis der mit dem elektrischen Straßenbahnbetriebe verbundenen Gefahren zu verbreiten. Ähnliche Vorführungen hat auch die Verwaltung der städtischen Straßenbahn in Wien[9]) veranstaltet, um das Publikum mit den im elektrischen Straßenbahnbetriebe vorkommenden Unfällen und den Einrichtungen für erste Hilfe bekannt zu machen.

Über das Thema: »Hat die Industrie ein Interesse an der Besserung der hygienischen Verhältnisse in ihren Betriebsstätten?« macht Karl Hartmann, Berlin-Steglitz[10]), Ausführungen, aus denen hervorgeht, daß durch hygienische und unfallverhütende Betriebseinrichtungen auch die Arbeit in den Fabriken wesentlich verbilligt und verbessert wird.

Unfallversicherung. Für die deutsche Industrie ist in sozialtechnischer Beziehung das Jahr 1913 insofern von Bedeutung, weil mit Beginn dieses Jahres die in Band 3 der Reichsversicherungsordnung behandelte Unfallversicherung in Kraft getreten ist. Wenn auch wesentliche Neuerungen gerade in diesem Teile der Versicherungsgesetze nicht eingetreten sind, so ist doch auf zwei Punkte hinzuweisen:

In § 913 der RVO ist zum Ausdruck gebracht, daß die Betriebsunternehmer einen Teil ihrer Pflichten, soweit nämlich die Benutzung vorhandener Schutzeinrichtungen in Frage kommt, auf Betriebsleiter, Betriebsingenieure, Meister usw. übertragen können; für die unfallsichere Einrichtung der Betriebe bleibt vor wie nach der Betriebsunternehmer allein verantwortlich. Ferner ist im § 848 vorgeschrieben, daß Arbeitern, die des Deutschen nicht mächtig sind, die berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütungsvorschriften in ihrer Muttersprache bekannt gegeben werden müssen, wenn mehr als 25 Arbeiter in einer Betriebsabteilung beschäftigt sind, die eine gleiche Muttersprache haben. — Die übrigen Neuerungen der Reichsversicherungsordnung über Unfallversicherung erstrecken sich hauptsächlich auf die Organisation der Berufsgenossenschaften und auf die Tätigkeit der durch die Reichsversicherungsordnung geschaffenen Versicherungsämter und Oberversicherungsämter.

Gefahren in der Elektrotechnik. Aus dem Verwaltungsbericht der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik[4]) ist zu ersehen, daß auch im Jahre 1912 die Entwicklung der Elektrotechnik erhebliche Fortschritte gemacht hat, soweit die Zahl der Arbeiter, die Summe der Löhne und der Durchschnittslöhne eines Arbeiters in Frage kommen. Zweifellos hat die Elektrotechnik durch Einführung der elektromotorischen Antriebe wesentlich zur Verminderung der Betriebsunfälle an Maschinen, Transmissionen, Riemen usw. beigetragen; aber anderseits sind durch Einführung der Elektrizität in die Werkstätten und Fabriken neue Gefahren entstanden. Die Zunahme der Unfälle durch elektrischen Strom ist wesentlich größer, als der Zunahme der in elektrischen Betrieben beschäftigten Arbeiter entsprechen würde. Dementsprechend ist auch die Belastung der Betriebsunternehmer in unerfreulicher Steigerung begriffen. Auch aus den Berichten der Gewerbeinspektoren und Bergbehörden für Preußen[5]) ist zu entnehmen, daß die Verminderung der Unfälle durch Einführung der Elektromotoren sich nicht bloß in großen Betrieben sondern auch in der Kleinindustrie bemerkbar macht.

Auf der Jahresversammlung des Vereins Deutscher Revisionsingenieure[6]) sind einige Vorträge gehalten worden, die für die Elektrotechnik nicht ohne Interesse sind: Hoffmann: Mechanische Feuerungen und Bekohlung von Kesselanlagen; Wettich: Moderne Massentransportanlagen und ihre Einrichtungen zum Schutze von Personen und Sachen; Kautny: Sicherheitstechnische Erwägungen bei dem autogenen Schweiß- und Schneideverfahren.

Unfallstatistik der Elektrotechnik. Aus den Jahresberichten[11]) des englischen Hauptfabrikinspektors ist erwähnenswert, daß im Berichtsjahre insgesamt 357 Unfälle durch elektrischen Strom und darunter 19 Todesfälle sich ereignet haben. Von den Todesfällen sind zwei durch Gleichstrom und 17 durch Wechselstrom herbeigeführt, und zwar 8 in Niederspannungs- und 11 in Hochspannungsanlagen. Nur 6 Todesfälle haben sich in Anlagen mit Spannungen über 1000 V ereignet. In dieser Beziehung sind die Unfälle in England ganz außerordentlich weniger zahlreich als diejenigen im Deutschen Reiche. Es mag dies darin seinen Grund finden, daß die Überlandzentralen bei uns in ganz wesentlich größerer Zahl, in viel größerem Umfange und mit ganz bedeutend höheren Spannungen betrieben werden.

Clark[12]) berichtet über die elektrischen Unfälle in Bergwerken unter Tage in den Vereinigten Staaten. Die Todesfälle betragen nur 3% der sämtlichen in den Bergwerken vorgekommenen tödlichen Verunglückungen und sind auf die ungünstigen Betriebsverhältnisse (Feuchtigkeit, Staub, Mangel an Platz usw.) zurückzuführen. Er erwähnt aber auch den unfallverhütenden Einfluß durch Anwendung der Elektrizität. und zwar macht sich dieser besonders durch den Gebrauch tragbarer elektrischer Handlampen in Schlagwettergruben und durch Verwendung von elektrischen Akkumulatorenlokomotiven geltend.

Belastung der Elektrotechnik durch die soziale Fürsorge. In den Betrieben der elektrischen Straßenbahn zeigt die Überlastung durch soziale Fürsorge und Wohlfahrtseinrichtungen ein ständiges Wachstum[13]). Zur Unfallverhütung bei der Wiener Straßenbahn äußert sich v. Knapitsch[14]); sie erstreckt sich auf den Bau der Anlagen (Stromzuführung), auf Sicherheitseinrichtungen in den Wagen (Bremsen, Sandstreuer, Schutzvorrichtungen gegen das Überfahren niedergestoßener Personen), Ausbildung und Erziehung des Fahrdienstpersonals und auf Belehrung des Publikums (künstlerische Plakate und Reklamemarken).

Eine weitere Belastung der Elektrotechnik droht ihr durch die Bestrebungen, die Elektrizitätswerke für Schäden verantwortlich zu machen, die bei Lieferung elektrischen Stromes entstehen. Passavant[15]) berichtet aus den Verhandlungen des Deutschen Juristentages, auf dem diese Frage von dem einseitigen juristischen Standpunkte aus Gegenstand der Verhandlungen war; er weist nach, daß die Unfallstatistik ein derartiges Sondergesetz nicht rechtfertigt und daß eine Ausdehnung der Haftpflicht der Elektrizitätswerke auf die bei Verwendung elektrischer Energie durch die Abnehmer entstehenden Schäden unbillig und undurchführbar wäre.

Gesetzgebung im Ausland. Daß die soziale Gesetzgebung auch außerhalb Deutschlands erhebliche Fortschritte macht, beweist die Einführung neuer Gesetze über Arbeiterschutz in Rußland[16]). Die Gesetzgebung erstreckt sich auf Unfallversicherung und Einrichtung von Krankenkassen. Abweichend von der deutschen Gesetzgebung wird in Rußland die Festsetzung der Entschädigung nach einem Unfall den ordentlichen Gerichten überlassen.

In Ungarn ist die Unfallversicherung nicht wie in Deutschland auf berufsgenossenschaftlicher Grundlage organisiert, sondern unmittelbar von der Regierung. In der Beaufsichtigung der Betriebe, unter Zuweisung der verschiedenen Fabriken in einzelne Gefahrenklassen, schließt sich die Organisation den deutschen Einrichtungen an.

[1]) Mitt. BEW. 1913, S 130. — [2]) Referate und Vorträge des II. Internat. Kongresses für Rettungswesen und Unfallverhütung, Wien 1913. Abt. X, S 226—273. — [3]) El. Z. 1913, S 8—10. — [4]) ETZ 1913, S 1344. — [5]) ETZ 1913, S 777. — [6]) Verh. d. XIX. ord. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure, Berlin 1913. — [7]) El. Rlwy-Jl. Bd 42, S 467. — [8]) El. Rlwy-Jl. Bd 42, S 1220. — [9]) Referate u. Vorträge des II. Internat. Kongresses für Rettungswesen u. Unfallverhütung, Wien 1913, S 129. — [10]) Karl Hartmann, Zentrbl. f. Gewerbehygiene 1913, S 33—39. — [11]) Electrician (Ldn.) Bd 71, S 529. — [12]) Electrician (Ldn.) Bd 72, S 143. — [13]) Zschr. d. Ver. Dtsch. Eisenbahnverwaltungen 1913, S 301 — [14]) El. Kraftbetr. 1913, S 714. — [15]) El. Kraftbetr. 2913, S 678. — [16]) Zentrbl. f. Gewerbehygiene 1913, S 169.

Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik.

Von Gerichtsassessor Hartung.

Funkentelegraphenvertrag. Von allen rechtlich bedeutsamen Ereignissen, die im Berichtsjahre auf dem Gebiete der Elektrotechnik eingetreten sind, verdient das allgemeinste Interesse das Inkrafttreten des internationalen Funkentelegraphenvertrages[1]). Er gilt seit dem 1. Juli 1913 an Stelle des Vertrages vom 3. November 1906[2]). Die Zahl der Vertragsteilnehmer hat sich erheblich

vermehrt; die Kolonialstaaten haben den Vertrag zugleich für ihre Kolonien abgeschlossen. Ratifiziert hatten bis Ende 1913 Deutschland, Belgien mit Belgisch-Kongo, Monako, Ägypten, Dänemark, Vereinigte Staaten, Niederlande mit Niederländisch-Indien und Curaçao, Rußland.

Neuerungen von einschneidender Bedeutung hat der Vertrag nicht gebracht. Es ist nur überall hervorgehoben, daß das Abkommen sich lediglich auf den Verkehr zwischen Schiff und Land und von Schiff zu Schiff, nicht auch auf den Verkehr zwischen zwei festen Punkten bezieht; doch dürfen die Stationen, die den Verkehr von Land zu Land vermitteln, den Austausch von Funkentelegrammen mit einer andern festen Station nicht wegen des von letzterer benutzten Systems verweigern. Die in dem Zusatzabkommen und in dem Schlußprotokoll zu dem alten Vertrag enthaltenen Bestimmungen sind im wesentlichen in den Vertrag selbst übernommen worden und dadurch für alle Vertragsteilnehmer verbindlich geworden. Die Ausführungsübereinkunft hat mannigfache Verbesserungen gebracht.

Von Literatur ist im Berichtsjahre über das Recht der Funkentelegraphie erschienen: eine Monographie[3]) und verschiedene Aufsätze von Thurn, die einen Überblick über das einschlägige internationale und interne Recht geben [4]) [5]) [6]). Saueracher macht in einem Artikel über „Belästigung von Funkentelegraphenstationen durch die Kriegsführung" interessante Ausführungen über die Lage neutraler Schiffe mit Funkentelegraphenanlagen im Bereiche kriegführender Parteien[7]). Über „Funkentelegraphie und Kriegsrecht" handelt auch Krause [8]). Über die Funkentelegraphie in den Vereinigten Staaten nach dem neuen amerikanischen Funkentelegraphengesetz hat v. Selchow mehrere Abhandlungen veröffentlicht[9]).

Gewerbliches Urheberrecht. In Deutschland stehn wir vor einer Neugestaltung des gewerblichen Urheberrechts. Die Reichsregierung hat am 11. Juli 1913 im Reichsanzeiger je einen vorläufigen Entwurf zu einem Patentgesetz, einem Gebrauchsmustergesetz und einem Warenzeichengesetz nebst eingehender Begründung veröffentlicht.

Die Entwürfe bringen grundlegende Neuerungen — insbes. zum Patent- und zum Warenzeichengesetz — in großer Zahl. Ein näheres Eingehen darauf verbietet sich hier. Die Kritik hat in der juristischen und technischen Fachpresse, insbesondere in den Zeitschriften für gewerblichen Rechtsschutz, von allen Seiten eingesetzt. Auch eine Anzahl von Spezialschriften sind bereits erschienen [10]) [11]). Im allgemeinen finden die Entwürfe eine günstige Aufnahme.

Das neue Preußische **Wassergesetz** [12]) hat eingehende Vorschriften über die Verleihung von Rechten auf Benutzung von Wasserläufen, über Stauanlagen, Talsperren und Stromregulierungen gebracht, die für die Errichtung von Krafterzeugungsstationen große Bedeutung haben. Aus der Literatur dazu ist der Kommentar von v. Bitta und Kries hervorzuheben.

Die Vorarbeiten zu einer gesetzlichen Regelung der Verhältnisse der Starkstromunternehmungen haben zu einer Vorlage noch nicht geführt. Der Widerstreit zwischen den Interessen der Elektrizitätswerke und denen der Wegeunterhaltungspflichtigen und Grundeigentümer, sowie die große Schwierigkeit der Materie dürften die Hauptursachen der Verzögerung sein.

Die Frage einer Verschärfung der Haftpflicht der Unternehmer von Starkstromanlagen ist eifrig weiter erörtert worden [13])—[18]). Von seiten der Unternehmer von Starkstromanlagen wird die Notwendigkeit einer Verschärfung bestritten. Einen Erfolg haben die auf diesem Gebiete hervorgetretenen Bestrebungen noch nicht gezeitigt.

Elekrizitätsrecht. Aus der Literatur ist zunächst ein Buch von H. Schreiber hervorzuheben: „Die Elektrizität in Recht und Wirtschaft, ein Kompendium des Elektrizitätswesens für Juristen und Techniker" [19]). Der in der Literatur des Elektrizitätsrechts wohlbekannte Verfasser schreibt auf der Grundlage des österreichischen Rechts. Doch sind seine Ausführungen auch für das Deutsche Recht zu einem großen Teile verwertbar.

Ferner sind im Berichtsjahre eine größere Anzahl teils umfangreicherer, teils kleinerer Aufsätze erschienen, die sich mit Einzelfragen aus dem Gebiete des Elektrizitätsrechts befassen.

Eine die große Öffentlichkeit interessierende Frage schneidet Eckstein an, der über „Mißbrauch der Monopolstellung von Elektrizitätswerken“ schreibt[20]). In einem Artikel von Coermann[21]) wird das Absperrungsrecht bei elektrischem Licht behandelt. Ob der Aufsatz, der ein solches Absperrungsrecht verneint, bei der heute auch bei den kommunalen Werken meist noch angewendeten privatrechtlichen Organisationsform Anerkennung finden wird, ist zweifelhaft. Ähnliche Fragen werden in einer Abhandlung im „Jl. f. Gasbeleuchtung“[22]) besprochen, die sich mit der Verpflichtung zur Lieferung von Gas, Wasser und Elektrizität in Konkursfällen beschäftigt. Hellmuth erörtert[23]) die Frage, inwieweit sich Elektrizitätsunternehmungen ohne gegen das Gesetz über den unlauteren Wettbewerb zu verstoßen, der Bezeichnung „Zentrale“ bedienen dürfen.

Mehrfach und von den verschiedensten Seiten wurden auch die Fragen beleuchtet, die bei der Führung elektrischer Linien über fremden Privatgrund auftauchen[24])—[30]). Ein Aufsatz im „Recht“[31]) will die Bestimmungen des § 917 B.G.B. über den sog. Notweg auf unterirdische Anschlußleitungen ausdehnen, ein Versuch, der angesichts der abweichenden herrschenden Meinung kaum Aussicht auf Erfolg hat. Ullmann spricht in lesenswerten Ausführungen über die Straßenbenutzungsverträge zwischen Kleinbahnunternehmern und Wegeunterhaltungspflichtigen[32]). Schmidt handelt über „Kreuzung von Eisenbahnen mit Starkstromleitungen im Zuge öffentlicher Wege“, eine Frage, die in der Praxis fortgesetzt zu Schwierigkeiten führt[33]).

Die Rechtsverhältnisse der Kabel kriegführender und neutraler Staaten behandelt L. Krause im „Überall“ vom 1. September 1913 in einem Aufsatz „Seekabel und Kriegsrecht“[34]).

Mit der „Elektrizität als Gegenstand oder Mittel von Vergehen“ beschäftigt sich Zürcher[35]), zunächst vom Standpunkte des Schweizerischen Rechts aus. In Deutschland haben mehrfache Verfehlungen durch unbefugte Errichtung von Stationen für drahtlose Telegraphie, bei denen teilweise der Verdacht der Spionage auftauchte, der Presse Gelegenheit gegeben, die Strafbestimmungen des Telegraphengesetzes in Erinnerung zu bringen. Ein anderes Thema, das auch im Berichtsjahr die Tages- und Fachpresse beschäftigt hat, ist die „mißbräuchliche Benutzung des Fernsprechers“[36]). Hellmuth endlich gibt einen kurzen Beitrag zur Auslegung des § 3 b des Telegraphengesetzes (genehmigungsfreie Telegraphenanlagen)[37]).

Rechtsprechung. Coermann gibt eine Zusammenstellung der wichtigsten Entscheidungen, die in den letzten Jahren zum Elektrizitätsrecht ergangen sind[38]). Den größten Raum nimmt dabei das Haftpflichtrecht der Eisenbahnen ein, doch sind auch andere einschlägige Entscheidungen in größerer Zahl am Anfang und am Schluß der Zusammenstellung mitgeteilt.

Aus der Rechtsprechung verdienen folgende Entscheidungen hier hervorgehoben zu werden:

Eine Gasgesellschaft hatte die Unternehmerin einer elektrischen Bahn auf Schadensersatz verklagt, weil ihre Gasrohre durch vagabundierende Erdströme, die aus dem Bahnbetriebe stammten, beschädigt worden waren, und hatte ferner verlangt, daß die Bahnunternehmerin Maßregeln treffe, um solche Beschädigungen in Zukunft tunlichst zu verhindern. Das R.G. hat die Klage abgewiesen und die Entscheidung insbesondere auf den Umstand gegründet, daß die Bahn zurzeit der Verlegung der Gasrohre bereits im Betrieb gewesen, also die ältere Anlage sei[39]).

In einer anderen Entscheidung[40]) spricht das R.G. aus, daß ein Vertrag über Benutzung eines Verkehrswegs für die Herstellung elektrischer Leitungen als Mietvertrag anzusehen sei.

Eine Überlandzentrale hatte in ihren Stromlieferungsbedingungen, wie das häufig geschieht, die Bestimmung aufgenommen, daß Strom nur geliefert werde, wenn die Hauseinrichtung von einem der von ihr anerkannten Installateure ausgeführt sei. Ein nicht anerkannter Installateur hatte daraufhin Klage auf Entschädigung wegen widerrechtlichen Eingriffs in seinen Gewerbebetrieb (§ 823 B.G.B.) erhoben. Das R.G. hat indes die Klage abgewiesen, da ein Eingriff nicht vorliege[41]).

Eine Stadtgemeinde hatte in ihren Verträgen über Lieferung von elektrischem Strom die Bestimmung aufgenommen, daß Beanstandungen der Verbrauchsberechnung innerhalb 8 Tagen nach Zustellung der Rechnung bei ihr anzubringen seien. Ein Kraftabnehmer hatte durch Aufstellung eines Kontrollzählers festgestellt, daß der Elektrizitätszähler zu schnell laufe und daher einen zu hohen Verbrauch anzeige. Gegenüber seiner Klage auf Rückzahlung eines Teils der in früheren Monaten für Kraftlieferung geleisteten Zahlung berief sich die Stadt auf die obige Vertragsbestimmung, wurde aber dessen ungeachtet vom R.G. verurteilt[42]), da die Bestimmung auf einen solchen Fall nicht anwendbar sei.

Ferner sind im Berichtsjahre eine Anzahl von Schadensersatzfällen, bei denen es sich um Verletzung oder Tötung durch elektrischen Strom handelt, zur höchstrichterlichen Entscheidung gelangt. In einem Falle war ein Draht einer verlassenen Fernsprechanschlußleitung über einen darunter hinwegkreuzenden Starkstromdraht gefallen und hatte die Isolierung durchgescheuert. Ein Arbeiter, der den Fernsprechdraht anfaßte, war durch Stromübergang verletzt worden. Das R.G. macht die Entscheidung davon abhängig, ob der Postfiskus hinreichende Bestimmungen über die Bewachung verlassener Anschlußleitungen — insbesondere solcher, die in der Nähe von Starkstromleitungen verlaufen — getroffen habe[43]). In einem anderen, vom R.G. entschiedenen[44]) Falle hatten spielende Kinder einen Draht in eine Starkstromleitung geworfen. Die letztere war durchgeschmolzen und auf die Straße herabgefallen; ein Passant war dadurch getötet worden. Die Entscheidung behandelt in der Hauptsache die Frage, ob der Starkstromunternehmer verpflichtet gewesen wäre, bei einer Verschärfung der Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker über die Sicherung von Freileitungen die neu vorgeschriebenen Sicherungsmaßnahmen auch an den bereits bestehenden Linien zu treffen. Andere Schadensersatzfälle siehe an den unten [45]) [46]) angegebenen Stellen.

Aus dem Telegraphenrecht sind folgende Fälle bemerkenswert:

Eine Privatgesellschaft hatte den Reichspostfiskus auf Grund des Gesetzes über den unlauteren Wettbewerb in Anspruch genommen, weil dieser die Nebenstellenanlagen, zu deren Errichtung nach den gesetzlichen Bestimmungen die Privatindustrie in gewissem Umfange herangezogen werden darf, unter dem Selbstkostenpreis herstelle und dadurch die Privatindustrie von der Konkurrenz ausschließe und weil die Telegraphenverwaltung entgegen den gesetzlichen Bestimmungen mehr als fünf Nebenstellen mit einem Hauptanschluß verbinde. Das R.G. hält den Rechtsweg für unzulässig[47]).

Das O.L.G. Hamburg hat — ohne Zweifel zutreffend — entschieden[48]), daß § 6 des Tel.Ges. kein Klagrecht auf Herstellung eines Fernsprechanschlusses gewähre, daß der Anspruch vielmehr nur im Verwaltungswege verfolgbar sei.

Zum Telegraphenwegegesetz ist eine Entscheidung des Reichsgerichts ergangen, der folgender Fall zugrunde lag: Eine Stadt verlangte bei Gelegenheit der Regulierung einer Straße die Verlegung der darin eingebetteten Straßenbahnschienen. Diese Verlegung machte wiederum Veränderungen an den Telegraphenanlagen und Vorkehrungen zu deren Schutz erforderlich. Das R. G. hat die Klage der Gesellschaft auf Erstattung der dafür von ihr aufgewendeten Kosten abgewiesen[49]). Die Entscheidung wird von Grisebach in einem Aufsatz bekämpft[50]). In einer anderen Entscheidung spricht das R.G. aus, daß für die Wahl der zum Schutze der Telegraphenanlagen erforderlichen Sicherungsmaßnahmen in erster Linie die Vorzüglichkeit der betreffenden Einrich-

tung je nach dem Stande der Technik maßgebend sei[51]). (Andere Entscheidungen siehe unten[52]).

Endlich sind auch einige interessante strafrechtliche Entscheidungen hier zu verzeichnen:

Ein Abnehmer hatte mit seinem Elektrizitätswerk einen Vertrag auf Lieferung von elektrischer Kraft bis zu einem bestimmten Höchstmaß zu einem Pauschsatz vereinbart. Das Werk ließ in der Zuführungsleitung einen auf diese Höchstmenge eingestellten Strombeschränker anbringen. Der Abnehmer umbrückte diesen durch einen Draht und verhinderte so, daß der Strom hindurchfließen konnte. Das R.G. sah in diesem Tatbestande ein Vergehen gegen das Gesetz betreffend die Entwendung elektrischer Arbeit[53]). In einem andern Falle hatte der Angeklagte an die von der Lichtleitung getrennte Kraftleitung eine Lampe angeschlossen und sich so die zu deren Speisung erforderliche Energie zu dem billigern Preise für Kraftstrom verschafft. Auch hier gelangte das R.G. zur Verurteilung[54]).

Einen Fall fahrlässiger Tötung durch Starkstrom behandelt ein Urteil des L.G. Leipzig[55]).

In einer Entscheidung vom 14. November 1912 spricht das R.G. aus, daß die absichtliche Zerstörung des Fernsprechapparates und des Zubehörs desselben durch den Teilnehmer nach §§ 317, 318 Str.G.B. zu bestrafen sei, wenn sie in der Absicht erfolgte, die Sprechstelle für den Fernsprechverkehr unbenutzbar zu machen[56]).

[1]) R.G.Bl. 1913, S 373. — [2]) R.G.Bl. 1908. — [3]) Thurn, Die Funkentelegraphie im Recht, München. — [4]) Thurn, Annalen des D. Reichs 1913, S 1 ff. u. 323 ff. — [5]) Thurn, Marine-Rundschau 1913, S 792. — [6]) Thurn, Jahrbuch für Verkehrswissenschaft 1913. — [7]) Saueracher, ETZ 1913, S 446. — [8]) Krause, »Überall« Bd 15, S745. — [9]) v. Selchow, Marine-Rundschau 1913 S 109; Blätter f. Post u. Tel. Bd 8, Beil. S 168; Deutsche Verkehrsztg. 1913, S 59; Zeitschrift f. Post u. Tel. 1913, S 13; vgl. auch ETZ 1913, S 1179 und Jahrb. drahtl. Telegr. Bd 7, S 454. — [10]) Isay, Das Erfinderrecht im vorläufigen Entwurf des Patentgesetzes, Berlin, Vahlen. — [11]) A. Seligsohn, Die Entwürfe eines Patentgesetzes und eines Gebrauchsmustergesetzes, Stuttgart, Enke. — [12]) Pr. Ges.-Sammlung S. 53. — [13]) Eßwein, Empfiehlt sich eine Verschärfung der Schadensersatzpflicht aus dem Betrieb elektrischer Anlagen? Recht u. Wirtschaft Bd 1. — [14]) Pattac, Haftpflicht für Schäden aus Elektrizitätsanlagen, Wien, Manz; Ders. in Allgem. Österreich. Gerichtszeitung Bd 63, Nr. 43. — [15]) Schreiber, daselbst Nr. 29. — [16]) J. Langner, ETZ 1912, S 1128. — [17]) Passavant, El. Masch.-Bau 1913, S 360. — [18]) Kappe, Z. Schwachstromtechnik 1913, S 498. — [19]) Schreiber, Leipzig u. Wien, Breitenstein, 389 S. — [20]) Eckstein, El. Anz. 1913, S 1381. — [21]) Coermann, El. Kraftbetr. 1913, S 566. — [22]) Il. Gasbel. 1913, S 1036. — [23]) Hellmuth, ETZ S 1244. — [24]) ETZ 1913, S 887. — [25]) Ebenda S 952 f. — [26]) Ebenda S 1473 f. — [27]) Ebend. S 1408 f. — [28]) Ebenda S 666. — [29]) El. Kraftbetr. 1913, S 590. — [30]) Brüggemann, Das Durchleitungsrecht im schweiz. Privatrecht, Bern, Stämpfli & Co. — [31]) Das Recht 1913, S 511. — [32]) Gruchot, Beiträge zur Erläuterung des deutschen Rechts Bd 56, S 250. — [33]) Schmidt, ETZ 1913, S 569 f. — [34]) Krause, ETZ 1913, S 1295. — [35]) Zürcher, Schweiz. Juristenztg. Bd 9. — [36]) Z. Schwachstromtechnik 1913, S 452. — [37]) Eger, Eisenbahnrechtl. Entsch. Bd 29, S 382 ff. Vgl. auch Bl. f. Post u. Tel., 8. Jhrg., S 190. — [38]) Coermann, El. Kraftbetr. 1913, S 381. — [39]) R.G. Civ.-Sachen Bd 81, S 216, Nr. 50; ETZ 1913, S 726; Jur. Wochenschr. 1913, S 374[6]; El. Kraftbetr. 1913, S 167. — [40]) El. Kraftbetr. 1913, S 439. — [41]) El. Kraftbetr. 1913, S 325; Reger, Entscheidungen 1913; vgl. auch ETZ 1912, S 1173 und El. Kraftbetr. 1913, S 18. — [42]) Ebenda S 612. — [43]) Recht 1913, Nr. 2247, 2296; ETZ 1913, S 1126—1127; El. Kraftbetr. 1913, S 725; Deutsche Postzeitung 1913, S 1534; Jur. Wochenschrift 1913. — [44]) El. Kraftbetr. 1913, S 591. — [45]) ETZ 1913, S 1245; El. Kraftbetr. 1913, S 671; Reger, Entscheidungen Bd 33, S 541. — [46]) Eger, Eisenbahnrechtl. Entsch. Bd 29, S 195; D. Jur. Ztg. Spruchsammlung 32, 230; Recht 1912, Nr. 1785. — [47]) Arch. Post Telegr. 1913, S 678; Dtsch. Verkehrsztg. 1913, S 675; Bl. Post Telegr. Bd 9, S 191; Z. Schwachstr. 1913, S 578; Postal. Rdsch. 1913, S 217; Dtsch.

Postztg. 1913, S 657. — [48]) Dtsch. Verkehrsztg. 1913, S 257; Z. Schwachstr. 1913, S 323; Postal. Rdsch. 1913, S 277; Neue postal. Rdsch. 1913, S 257. — [49]) R.G. Civ.-Sachen Bd 80, S 287; Recht 1913, Nr. 275; Eger, Bd 29, S 419; Blätter Post u. Tel. Jhrg. 9, S 94. — [50]) Grisebach bei Eger, Bd 29, S 371. — [51]) Recht 1913, Nr. 1938; Deutsche Postztg. 1913, S 1244. — [52]) Eger Bd 29, S 73 u. 83 (schon im vorigen Jahrbuch mitgeteilt). — [53]) El. Kraftbetr. 1913, S 497; Rdschau, Installationsbeleuchtung 1913, S 1563. — [54]) El. Kraftbetr. 1913, S 18, 19; vgl. auch noch ETZ 1913, S 1295. — [55]) El. Kraftbetr. 1913, S 303. — [56]) Blätter Post u. Tel., 9. Jhrg., S 105; Recht 1913, Nr. 140; Eger, Bd 29, S 344.

Technisch-Wirtschaftliches.

Von Dipl.-Ing. Ernst Schneider.

Die Metalldrahtlampe, durch welche das elektrische Licht nur noch halb so teuer als Petroleumlicht und im praktischen Gebrauch auch nicht teurer als Gaslicht ist, sowie der Elektromotor, dem Handwerk und Kleingewerbe neue Impulse verdanken, haben die Elektrizitätswerke überall in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses gerückt. In Stadt und Land ist das Verlangen nach Elektrizitätsversorgung ein ständig steigendes[1]).

Die „Statistik der Deutschen Elektrizitätswerke 1913" von Dettmar[2]) verzeichnet 4100 öffentliche Elektrizitätswerke gegenüber nur etwa 1700 Gaswerken. In 1576 Orten besteht wohl ein Elektrizitätswerk, aber kein Gaswerk; allein in den letzten beiden Jahren 1912/1913 stieg die Zahl der öffentlichen Elektrizitätswerke um 1514, wohingegen der Zuwachs an neu errichteten Gaswerken in der gleichen Zeit nur etwa 30 betrug[3]). Der Einfluß partikularistischer Bestrebungen und Befürchtungen, teilweise genährt durch nicht immer richtige Beurteilung der Tendenzen der elektrotechnischen Großfirmen, haben die Entwicklung kleinerer und mittelgroßer Elektrizitätswerke sehr gefördert[4]). Demgegenüber tritt neuerdings die technische Erkenntnis, daß sich innerhalb gewisser Grenzen die Elektrizität um so billiger erzeugen läßt, je größer das Erzeugungskraftwerk ist.

So erörtert Prof. G. Klingenberg[5]) in seinem Buche „Bau großer Elektrizitätswerke" die Frage, unter welchen Verhältnissen der mechanische Kohlentransport oder der elektrische Energietransport billiger ist, und wo das wirtschaftliche Optimum für die Größe der Zentrale und ihre Spannung liegt. Das Ergebnis gipfelt darin, daß z. B. die Versorgung ganz Deutschlands durch wenige an den Quellen der Energie (Wasserkräfte, Braunkohlenfelder, Torfmoore usw.) zu errichtende Kraftwerke von Leistungen bis maximal 100 000 kW und Spannungen von 60 000 bis 100 000 V gewaltige volkswirtschaftliche Ersparnisse mit sich bringen würde. Neben diesen bedeutungsvollen Fragen treten die Fragen der Installationsmonopole usw. in den Hintergrund, um so mehr als hier Staat und Kommune immer in der Lage sein werden, durch kurzfristige Verträge ihre Interessen hinlänglich zu wahren. Eine wie oben angedeutete Durchführung der Elektrizitätsversorgung im großen wäre auch ohne die Erfahrungen und die Kapitalkraft der Großfirmen kaum möglich. So hat der bayerische Staat die Elektrizitätsversorgung von Ober- und Unterfranken, von Schwaben und eines Teiles von Oberbayern der Elektrizitätslieferungsgesellschaft, den Siemens-Schuckertwerken, Brown, Boveri & Cie. und den Lechelektrizitätswerken, Augsburg A.-G., übertragen[6]). Mehr vom politischen Standpunkt zu beurteilen ist das Bestreben verschiedener Bundesstaaten, sich bei dem Ausbau von Wasserkräften bestimmte Energiemengen zu sichern, mit der ausgesprochenen Absicht, für eine zukünftige Elektrisierung der Staatsbahnen die notwendige Energie in eigenen Werken erzeugen zu können[7]).

In der Betriebsform der öffentlichen Elektrizitätswerke sind auch im Berichtsjahr die Meinungen über die größere Zweckmäßigkeit privater oder kommunaler Leitung geteilt[8]). Für die überlegene Verwaltung durch eine

Privatgesellschaft spricht sich Oberbürgermeister Dr. Körte, Königsberg i. Pr., aus[9]), indem er auf die plötzliche Aufwärtsentwicklung des früheren städtischen Werkes hinweist, nachdem dasselbe in den Besitz der A E G übergegangen ist. Für die Zukunft scheint indessen die Betriebsform der gemischt wirtschaftlichen Unternehmungen die meiste Aussicht zu haben, widerstrebende Interessen in befriedigender Weise zu vereinigen. Als neueste Beispiele hierzu sind zu nennen: Elektrizitätswerk Unterelbe A.-G., Altona, Elektrizitäts- und Gasvertriebsgesellschaft A.-G., Saarbrücken, Pfalzwerke A.-G., Ludwigshafen a. Rh., Fränkisches Überlandwerk A.-G., Nürnberg, Hessische Eisenbahn-A.-G., Darmstadt, Niederrheinische Licht- und Kraftwerke A.-G., Rheydt, Stolberger Licht- und Kraftwerke G. m. b. H., Stolberg.

Dem vielfach vorgekommenen Übergehen von Kommunalwerken an Privatfirmen und umgekehrt (Freiburg i. B., Mülheim a. Rh., Niederlahnstein, Ohrdruf, Saarbrücken, Zwickau) ist eine prinzipielle Bedeutung nicht beizumessen.

Der jahrelange wirtschaftliche Kampf zwischen Preßgas und Bogenlampe scheint sich nun endgültig zugunsten des elektrischen Lichtes zu entscheiden, dank der wesentlichen Verbesserungen der Bogenlampe und dem Neuerscheinen der Halbwattlampe.

Steigende Bedeutung wird auf die Propaganda für die Elektrizitätsverwendung gelegt und besonders von Wikander, Berlin, darauf hingewiesen, daß der größte Wert auf Installationserleichterungen zu legen ist, daß eine Herabsetzung der Strompreise sich dagegen erübrigt, weil ja durch die dauernden Verbesserungen der Lampen von selbst eine Verbilligung des elektrischen Lichtes erfolge.

Größte Aufmerksamkeit wird der Entwicklung zweckentsprechender Tarife entgegengebracht, besonders solchen, die den Anschluß mittlerer und kleinster Haushaltungen an die Elektrizitätswerke ermöglichen (Pauschaltarif, Potsdamer Tarif)[11]), [12]), [13]). Hierzu ist auch zu rechnen das sog. Gratisstromsystem von Wikander, das in schwedischen Städten (Gotenburg) mit außerordentlichem Erfolg eingeführt wurde und sich mit geringer Schattierung auch für deutsche Verhältnisse eignen dürfte.

[1]) W. Strauß, Die deutschen Überlandzentralen und ihre wirtschaftliche Bedeutung als Kraftquelle für den Kleinbetrieb in Landwirtschaft und Gewerbe. — [2]) Dettmar, Statistik der deutschen Elektrizitätswerke 1913. — [3]) Siegel, Die Stellung der öffentlichen Elektrizitätswerke im öffentlichen Wirtschaftsleben Deutschlands, AEG-Ztg., Jhrg. 15; Schaars Kalender f. d. Gas- u. Wasserf. 1914. — [4]) Belian-Eilenburg, Vortrag auf der 4. Mitgliederversammlung des Reichsverbandes deutscher Städte in Berlin, 20. Mai 1913. — [5]) Klingenberg, Bau größer Elektrizitätswerke. Berlin 1913 (J. Springer). — [6]) Ph. Arnold, Die Verwertung von Elektrizität in Bayern unter besonderer Berücksichtigung von München und Umgegend. Zeitschr. d. K. bayer. statistischen Landesamtes Nr. 1, 1913. — [7]) Preuß. Abgeordnetenhaus: Sitzung vom 17. Jan. 1913: erste Lesung eines Gesetzentwurfes über die Errichtung staatlicher Kraftwerke in dem Quellengebiet der Weser. — [8]) v. Puttkammer-Tuchel, Die kommunale Beteiligung an Überlandzentralen. Dt. Tageszeitung vom 30. 2. 1913. — [9]) Stadtverordnetenversammlung vom 5. November 1913. (Königsberger Hartungsche Ztg. vom 6. Nov. 1913). — [10]) Lindemann, Jahrbuch d. kommunalen Technik 1913/14 [11]) Laudien, Stromtarife; Leipzig, Dr. Max Jänecke 1913. — [12]) Fleig, Stromtarife für Großabnehmer elektrischer Energie; Berlin, Julius Springer 1913. [13]) Markau, Bemerkungen zum Potsdamer Tarif; Berlin, Julius Sprinper 1913.

Technische Vorschriften und Normalien.

Von Generalsekretär G. Dettmar.

Das Kgl. Preußische Ministerium für Handel und Gewerbe hat eine neue Polizeiverordnung, betr. die Einrichtung und den Betrieb von Aufzügen (Fahrstühlen)[1]), herausgegeben.

Vom Verbande Deutscher Elektrotechniker sind im Jahre 1913 folgende Vorschriften und Normalien beschlossen worden:

Leitsätze für Schutzerdungen[2]). Diese Leitsätze geben an, wie die allgemeinen Bestimmungen der §§ 3 und 4 der Errichtungsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ausgeführt werden sollen.

Leitsätze für die Herstellung und den Anschluß von Moorelichtanlagen[3]). Hierin werden Anhaltspunkte gegeben für die Ausführung von Moorelichtanlagen, die ja bekanntlich mit sehr hohen Spannungen arbeiten, so daß besondere Vorsicht bei Inbetriebsetzung und Inbetriebhaltung geboten ist.

Vorschriften für die Messung der Lichtstärke von röhrenförmig ausgebildeten Lichtquellen[4]).

Prüfvorschriften für die gekürzte Untersuchung elektrischer Isolierstoffe[5]). Es wird darin die mechanische und Wärmeprüfung sowie die elektrische Prüfung der Isolierstoffe einheitlich geregelt.

Erläuterungen und Ausführungsvorschläge zu den Leitsätzen über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz[6]). Sie sind vom Elektrotechnischen Verein aufgestellt und sollen Einzelheiten zur Erleichterung der Befolgung der bereits im Jahre 1901 aufgestellten Leitsätze geben.

Die Normalien für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren[7]), welche erstmalig im Jahre 1901 aufgestellt sind, wurden einer eingehenden Umarbeitung, entsprechend den Fortschritten im Elektromaschinenbau, unterzogen.

Für die Konstruktion und Prüfung von Wechselstrom-Hochspannungsapparaten sind Richtlinien[8]) ausgearbeitet worden, welche die Grundzüge für die Herstellung solcher Apparate für Spannungen bis einschließlich 35 000 V geben.

Über den Bau von Freileitungen bestanden bereits seit dem Jahre 1907 Vorschriften. Diese sind den Fortschritten der Hochspannungstechnik entsprechend neu bearbeitet worden. Sie wurden außerdem erheblich erweitert und durch normale Spanntabellen und besondere Erläuterungen ergänzt[9]).

Die Leitsätze für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen[10]), die vom Verband Deutscher Elektrotechniker gemeinschaftlich mit dem Verband der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland aufgestellt worden sind, geben Bestimmungen für die Ausführung der sog. Schwachstromanlagen.

Ferner wurden die früher schon aufgestellten Normalien für Koch- und Heizapparate[11]) sowie die Normalien für isolierte Leitungen[12]) durch einige weitere Angaben vervollständigt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission hat in ihrer Sitzung in Berlin internationale Normalien für Leitungskupfer und Definitionen der für Wasserkraftanlagen in Betracht kommenden Größen aufgestellt[13]).

[1]) ETZ 1913, S 509; Ministerialblatt der Handels- und Gewerbeverwaltung 1913, S 188, 195. — [2]) ETZ 1913, S 691, 807. — [3]) ETZ 1913, S 307. — [4]) ETZ 1913, S 396. — [5]) ETZ 1913, S 688. — [6]) ETZ 1913, S 538. — [8]) ETZ 1913, S 1038. — [7]) ETZ 1913, S 1067. — [9]) ETZ 1913, S 1096. — [10]) ETZ 1913, S 1069. — [11]) ETZ 1913, S 570. — [12]) ETZ 1913, S 1041. — [13]) ETZ 1913, S 1092.



A. Elektromechanik.

II. Elektromaschinenbau.

Maschinenerzeugung im Jahre 1913. Von Prof. Rudolf Richter, Karlsruhe. — Gleichstrommaschinen. Von Prof. Rudolf Richter, Karlsruhe. — Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren. Von Chefelektriker Dr. L. Fleischmann, Berlin. — Induktionsmotoren. Von Oberingenieur W. Zederbohm, Berlin. — Wechselstrom-Kommutatormotoren. Von Prof. Rudolf Richter, Karlsruhe. — Rotierende Umformer und Gleichrichter, Transformatoren, Elektromagnete. Von Privatdozent Dr. Max Breslauer, Berlin. — Maschinenmessungen. Von Dr.-Ing. Willy Linke, Charlottenburg. — Betrieb: Regelung, Parallelbetrieb usw. Von Generalsekretär Leo Schüler, Berlin. — Anlasser, Regulierschalter usw. Von Oberingenieur Christian Krämer, Berlin.

Maschinenerzeugung im Jahre 1913.

Von Prof. Rudolf Richter.

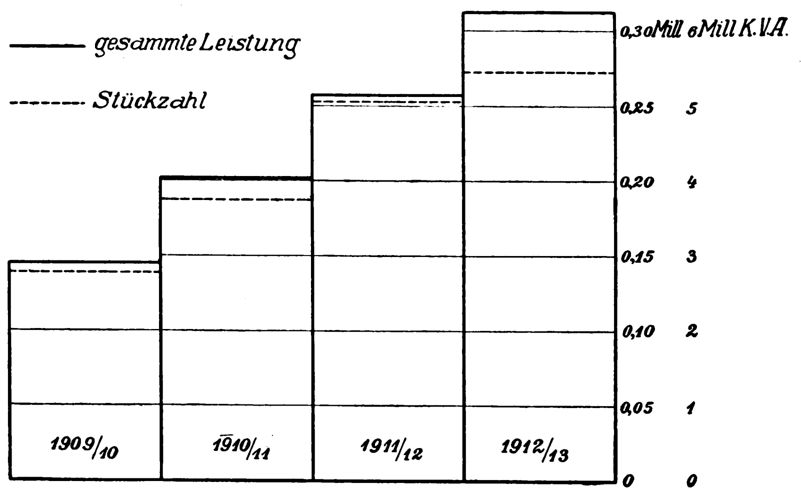


Abb. 1. Erzeugung von elektrischen Maschinen in den Jahren 1909 bis 1913.

Die Erzeugung von Dynamomaschinen ist gegenüber dem Berichtsjahre 1912 wieder gestiegen. Wenn man zur Beurteilung die Fabrikation der beiden größten Elektrizitätsfirmen, der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft*) und der Siemens-Schuckertwerke, heranzieht,

*) Im Jahrbuch 1912, S. 18 sind bei den Zahlenangaben über die Fabrikation der AEG die Turbogeneratoren versehentlich nicht berücksichtigt worden, so daß die Zahlen wie folgt zu korrigieren sind. Geschäftsjahr 1910/11 (1. Juli bis 30. Juni) 92500 elektrische Maschinen und Transformatoren von zusammen 2,1 Millionen kW Leistung. Geschäftsjahr 1911/12: 118500 elektrische Maschinen und Transformatoren von zusammen 2,4 Millionen kW-Leistung.

so ergibt sich gegenüber dem letzten Berichtsjahre eine Zunahme der Gesamtleistung von 21% und eine solche der Stückzahl von 8%. Hierbei ist auch die Fabrikation in den außerdeutschen Werken der Siemens-Schuckertwerke in Rechnung gesetzt worden. Die gesamte Leistung (einschließlich der Transformatoren) und die Stückzahlen sind in Abb. 1 dargestellt. Obgleich hierbei nur die beiden genannten Firmen berücksichtigt sind, so geben diese Kurven doch einen guten Überblick über die allgemeine Entwicklung des Elektromaschinenbaues.

Die Leistungseinheiten haben ebenfalls zugenommen. Die größten von deutschen Firmen ausgeführten Maschineneinheiten betragen bei:

3 000	1 500	1 000	500	300 Uml./min
8 000*)	22 500	25 000**)	11 000	12 000 kVA.

Die Zahlen für Amerika sind:

3 600	1 875	1 500	1 200	375 Uml./min
6 250	19 000	30 000†)	35 000	17 500 kVA.

Die von Chittenden[1]) mit Rücksicht auf Konstruktion und Transport berechneten größten Leistungen von 5600 kVA bei 3000 Uml/min und 14 000 kVA bei 1500 Uml/min sind also in der Praxis schon bei weitem überschritten.

Gleichstrommaschinen.

Von Prof. Rudolf Richter.

Turbogeneratoren. Die vom Dampfturbinenbau verlangten hohen Drehzahlen kann die Gleichstrommaschine in nur recht bescheidenem Maße erfüllen. Zwischen Drehzahl n und Leistung N in Watt besteht die Beziehung $n = 30\,\alpha\, e\, A\, v/N$ Uml./min, wenn man mit α das Verhältnis der mittleren zur größten Radialkomponente der Induktion am Ankerumfang, mit e die höchste Spannung zwischen benachbarten Kommutatorsegmenten in Volt, mit A den Strombelag in A/cm und mit v die Umfangsgeschwindigkeit in cm/s bezeichnet. Diese vier Größen lassen sich aber nicht beliebig erhöhen. α liegt gewöhnlich in den Grenzen 0,6 bis 0,7; e darf wegen der Gefahr des Rundfeuers einen gewissen, je nach der verlangten Betriebssicherheit bestimmten Betrag nicht überschreiten; Av ist im wesentlichen durch die noch zulässige EMK der Stromwendung beschränkt; die Umfangsgeschwindigkeit v wird außerdem durch die noch zulässigen mechanischen Beanspruchungen und A unter Umständen noch durch die zulässige Stromwärme im Anker gegeben. Wenn man für diese Größen die Grenzwerte einsetzt, so ist die Drehzahl umgekehrt proportional der Leistung, große Drehzahl und große Leistung sind also nicht miteinander verträglich. Das Produkt nN und somit auch das Produkt $\alpha e A v$ ist nach den Ausführungen der Siemens-Schuckertwerke gegenüber den Angaben im vorigen Berichtsjahre bedeutend gestiegen, wie aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen ist:

Drehzahl	Leistung 1912	Leistung 1813
3 000 Uml./min	500 kW	1 000 kW
1 500 „	1 000††) „	1 200 „
1 000 „	1 500 „	1 800 „

Die Maschine für 3000 Uml/min hat die größten Beanspruchungen und könnte z. B. ausgeführt sein mit $\alpha = 0{,}65$, $e = 35$ V, $A = 400$ A/cm, $v = 110$ m/s

*) gegenüber 6000 kVA im Berichtsjahre 1912.
**) gegenüber 22000 kVA im Berichtsjahre 1912.
†) bei 25 Per/sec.
††) Die Angabe 3000 kW bei 1500 Uml/min auf Seite 58 (Zeile 8 von unten) im Jahrbuch 1912 ist ein Druckfehler.

Eine weitere Leistungssteigerung bei denselben Drehzahlen ist nicht ausgeschlossen. Die angegebene Beziehung zwischen Leistung und Drehzahl setzt eine gewöhnliche Schleifenwicklung voraus; werden hierbei aber die Querverbindungen, die auf der dem Kommutator entgegengesetzten Seite liegen, zu Zwischenlamellen des Kommutators geführt, so wird die Segmentspannung e halbiert, und die Leistung könnte mit Rücksicht hierauf doppelt so groß werden. In Wirklichkeit ist allerdings die Leistungssteigerung etwas geringer, weil sich durch Anschluß der hinteren Querverbindungen an Zwischenlamellen die Kommutierung verschlechtert. Die Herstellung der Maschine wird auch durch diese Maßnahme sehr erschwert. Eine solche Maschine für 3000 kW Leistung ist in Amerika in Betrieb.

Leblanc hat sich in zwei Aufsätzen mit der Frage beschäftigt, höhere Drehzahlen bei größerer Leistung zu erreichen. Die eine Arbeit[2]) untersucht die mechanischen Bedingungen; Leblanc findet, daß sich bei geometrisch ähnlichen Ankern die kritischen Geschwindigkeiten umgekehrt proportional mit den linearen Dimensionen ändern; es ergibt sich ferner, daß die Geschwindigkeit zu etwa $^3/_4$ der ersten kritischen Geschwindigkeit gewählt werden darf; der Anker soll so gelagert sein, daß sich seine Achse frei einstellen kann. In einer zweiten Arbeit[3]) geht Leblanc auf die elektrischen Verhältnisse ein und schlägt vor, die Ankerleiter aus Aluminium herzustellen und Wasserkühlung einzuführen. Die Verwendung von Aluminium verspricht in der Tat große Vorteile. Es werden nicht nur die Ankerzähne, die Bandagen und vor allem die den Leiter umgebende Isolation entlastet, sondern man kann auch größere Stabhöhen anwenden und dadurch dem Wärmestrom, der vom Leiter zum Eisen übertritt, einen größeren Querschnitt bieten. Bei der hohen Frequenz der Kommutierung treten nämlich in den Ankerleitern schon bei verhältnismäßig geringen Stabhöhen große zusätzliche Kupferverluste auf, die u. U. durch Verwendung eines Leitermaterials von höherem spezifischem Widerstande wesentlich verringert werden können. Dies ergibt sich durch weiteren Ausbau der Untersuchungen von Rogowski[4]) über zusätzliche Kupferverluste durch Stromverdrängung, die an die Arbeiten von Field und Emde anknüpfen. Die gesamte Stromwärme im Anker wird gewöhnlich bei Aluminiumleitern im ganzen größer sein als bei Kupferleitern, die größte Temperaturerhöhung läßt sich aber doch verringern. Dies ist beachtenswert, denn bei Gleichstrommaschinen mit verhältnismäßig großen Kupferhöhen im Anker hat sich zuweilen gezeigt, daß die Isolation im oberen Stab verkohlt war, obgleich die gesamten Kupferverluste gar nicht auffallend groß waren. Nach einem Patente der AEG[5]) wird der Effekt der Stromverdrängung dadurch unterdrückt, daß jeder Stab der Ankerwicklung aus einzelnen Lamellen zusammengesetzt wird, die in der Mitte der Nut gekreuzt werden, so daß sich ihre Reihenfolge innerhalb der Nut umkehrt. Diese Wicklung ist allerdings in erster Linie für Wechselstrommaschinen bestimmt.

Einen andern Weg hat die Westinghouse Co.[6]) beschritten, um Gleichstrommaschinen größerer Leistung von sehr schnell laufenden Dampfturbinen antreiben zu können: zwischen Generator und Antriebsmotor wird ein Zahnradgetriebe eingebaut. Das Schneckenradgetriebe hat bei einem Maschinensatz für 3750 kW Leistung die Übersetzung 1:10; der Gleichstromgenerator läuft mit 180, die Dampfturbine mit 1800 Uml./min. Der Wirkungsgrad ist mit 94% angegeben, ist also nicht geringer als die Wirkungsgrade der größten bisher gebauten, direkt angetriebenen Gleichstrom-Turbogeneratoren.

Wertvolle Konstruktionseinzelheiten von Turbogeneratoren sind im Berichtsjahre nicht bekannt geworden. Eine orientierende Beschreibung über Turbogeneratoren ist im Bay. Industrie- und Gewerbeblatt[7]) erschienen.

Unipolarmaschinen. Man glaubte früher, daß die Unipolarmaschine der Gleichstrom-Turbogenerator der Zukunft sei; doch hat man sich hierin getäuscht. Wenn auch europäische Firmen bereits den Bau von Unipolarmaschinen aufgenommen haben, so kann diese Maschine doch nicht als Konkurrentin der Kommutatormaschine in Frage kommen und ihre Anwendung wird vorläufig

auf einige wenige Spezialgebiete beschränkt bleiben, wo große Ströme bei sehr geringen Spannungen verlangt werden, wie z. B. für elektrolytische Zwecke. Es ist zunächst nicht daran zu denken, mit der Unipolarmaschine auch nur annähernd so große Leistungen bei hohen Drehzahlen zu erreichen, wie bei der Kommutatormaschine. Die in einem Ankerstabe induzierte EMK ist bei der heute allein praktisch in Frage kommenden Zylindermaschine unabhängig von der Stablänge und nur durch die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifringe und den Induktionsfluß gegeben, den die Schleifringe umschlingen. Dieser Induktionsfluß ist demnach bei gegebener Drehzahl durch die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifringe beschränkt. Bei den praktisch in Frage kommenden Induktionen im Eisenzylinder und den zulässigen Umfangsgeschwindigkeiten der Schleifringe liegt die Grenze dieser EMK zwischen 30 und 40 V. Zur Orientierung über die Unipolarmaschine kann die sehr klare und in ihrer Knappheit doch einigermaßen vollständige Arbeit von Trettin[8]) über den heutigen Stand der Unipolarmaschine empfohlen werden. Trettin gibt auch die folgende Tabelle über die bei Unipolarmaschinen mit drei in Reihe geschalteten Ankerleitern wahrscheinlich erreichbaren Leistungen an, die er jedoch selbst als Zukunftsmusik bezeichnet, und die doch noch weit hinter den Leistungen von ausgeführten Kommutatormaschinen zurückbleiben. Den Wirkungsgrad der Unipolarmaschine schätzt Trettin auf 82 bis 86%, während unsere Kommutator-Turbogeneratoren entsprechender Leistung etwa 93% Wirkungsgrad aufweisen. — Über Unipolarmaschinen handelt auch eine Arbeit von Moss und Mould[9]); Wolff[10]) berichtet ohne besondere kritische Betrachtungen über Neuerungen an Unipolarmaschinen.

Tabelle.

Drehzahl in Uml/min	Leistung in kW	Spannung in V	Stromstärke in A
3000	750	120	6 250
2500	1500	150	10 000
2000	2000	180	11 100
1500	3500	225	13 400
1000	6000	330	18 200

Gleichstrommaschinen gewöhnlicher Bauart. Für Umkehrwalzwerke haben im Berichtsjahre die AEG Motoren für dauernd 3300 kW (max. 9600 kW) bei 54 Uml/min und die Siemens-Schuckertwerke Motoren für dauernd 5200 kW (max. 15 100 kW) bei 85 Uml/min gebaut. Über die konstruktive Ausgestaltung solcher größerer Gleichstrommaschinen von gerngerer Drehzahl wird in der AEG-Zeitung von Lewinnek[11]) und Cramer[12]) berichtet. Einige Ausführungen von vertikalachsigen Motoren werden von Schmidt[13]) beschrieben. Zu erwähnen ist hier auch eine Konstruktion von Goldschmid[14]) (Abb. 2), nach der die Bleche des Rotors so unterteilt werden, daß sie sich unabhängig vom Ankerkörper ausdehnen können. Diese Maßnahme soll bei Verwendung legierter Bleche, die einen geringeren Ausdehnungskoeffizienten haben als das Gußmaterial, von Vorteil sein. Legierte Bleche finden zwar bei elektrischen Maschinen sehr selten Anwendung, doch hat diese Konstruktion deswegen eine gewisse Bedeutung, weil bei Rotoren von großen Durchmessern die Temperaturen im Blechpaket wesentlich höher sind als im Ankerstern, so daß die größere Ausdehnung des Blechpaketes den Gußkörper sprengen kann, wenn beide Teile starr miteinander verbunden sind. Gerade bei Blechen mit geringerem Ausdehnungskoeffizienten als der des Gußkörpers scheint daher diese von Goldschmid vorgeschlagene Konstruktion weniger notwendig zu sein.

Die Berechnung der Wellendurchbiegung behandelt eine Arbeit von Edington[15]), Konstruktionseinzelheiten des Ankers bespricht Livingstone[16]).

Beiträge über den Entwurf von elektrischen Maschinen mit geräuschlosem Gang enthält eine Arbeit von Pontecorvo[17]).

Um die Geschwindigkeit von Gleichstrom-Reihenschlußmotoren durch Verschieben der Bürsten funkenfrei regeln zu können, empfiehlt R. Richter[18]) die Verwendung einer solchen Sehnenwicklung im Anker, daß die wirksame Stromschicht einen kleineren Teil des Ankerumfanges bedeckt als die der verteilten Ständerwicklung. Bei dieser Wicklungsanordnung befinden sich die von Bürsten kurz geschlossenen Ankerleiter innerhalb eines weiten Bereichs der Bürstenstellungen immer in einer feldfreien Zone. — Unter dem Namen Anlaßverbundmotor hat Ziehl[19]) einen Nebenschlußmotor eingeführt, dessen Anlaßwiderstand um die Feldmagnetpole gewickelt ist, so daß beim Anlauf der Erregerfluß verstärkt und das Drehmoment ohne Vergrößerung des Stromes erhöht wird.

Maschinen für besondere Zwecke. Einige Arbeiten beschäftigen sich mit Gleichstrom-Generatoren für konstante Leistung und mit Generatoren für Zugbeleuchtung[20]). — Von Buch[21]) werden die verschiedenen Methoden zur Spannungsteilung bei Dreileitermaschinen untersucht. — Eine eigenartige Maschine wird von Plaisant[22]) (Abb. 3) beschrieben. In einem Feldmagneten

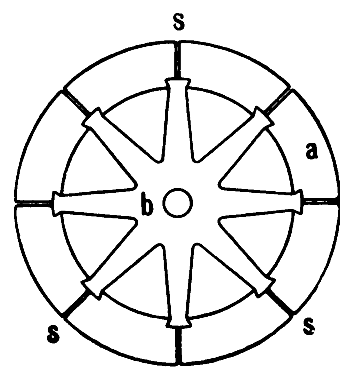


Abb. 2. Unterteilung der Ankerbleche. (Aus Helios, Fach- u. Exportzeitschr. f. Elektrotechnik, Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig.)

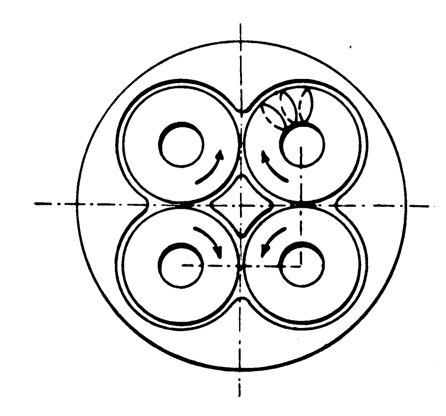


Abb. 3. Maschine von Plaisant mit vier Ankern.

befinden sich vier Anker, deren parallele Achsen symmetrisch um den mittleren Pol eines Feldmagnetes angeordnet sind, dessen anderer Pol die vier Anker umschlingt. Durch relativ verschiedensinnige Drehung der einzelnen Anker werden besondere Betriebseigenschaften der Maschine erhalten; die Maschine soll besonders für drahtlose Telegraphie geeignet sein. — Zur Messung von Drehmomenten werden jetzt häufig Maschinen verwendet, deren Feldmagnet pendelnd aufgehängt ist, eine solche Bremsdynamo von 100 kW bei 3000 Uml/min wird von König[23]) beschrieben.

Entwurf und Berechnung. In einem ausführlichen Aufsatze empfiehlt Breslauer[24]) die Verwendung elektrolytischen Eisens im Dynamobau und weist nach, daß dadurch bedeutende Ersparnisse erzielt werden können. Die Vorteile scheinen aber hier überschätzt zu werden, denn nach den Untersuchungen von Gumlich (vergl. ETZ 1909, S 1065) in der Phys. Techn. Reichsanstalt sind die Magnetisierungsamperewindungen von gutem Dynamoblech nicht wesentlich größer als die des elektrolytischen Eisens, und von Mauthner[25]) macht mit Recht darauf aufmerksam, daß die Magnetisierbarkeit des gewöhnlichen Blechs von Breslauer etwas zu ungünstig angenommen worden ist.

Der häufig recht störende remanente Magnetismus in Dynamomaschinen soll nach einem Patent der A.-G. Brown, Boveri & Co.[26]) durch zirkulare Magnetisierung des Jochringes unterdrückt werden (Abb. 4).

Niethammer[27]) schreibt über die Berechnung der Luftspaltamperewindungen. — Mit der Vorausberechnung der Belastungscharakteristik beschäftigen sich Arbeiten von Brunswik[28]), Hay[29]) und Guilbert[30]). — Die Berechnung und Dimensionierung von Gleichstromankern bildet den Inhalt eines Aufsatzes von Küntziger[31]). — Pichelmayer[32]) zeigt, daß die Spannung an den beiden Kommutatoren, die je an eine Seite derselben Ankerwicklung angeschlossen sind, im allgemeinen nicht einander gleich sind. Die von Pichelmayer angegebenen Bedingungen für Spannungsgleichheit sind jedoch nicht vollständig, sie sind von R. Richter (vergl. El. Masch.-Bau 1914, S. 419) erweitert worden. — Daß bei einer vierpoligen (und zwar nur bei einer solchen) Gleichstrommaschine auch ohne Ausgleichsverbindungen kein wesentlicher Ausgleichstrom bei ungleichen Polflüssen fließen kann, ist eine bisher wohl noch nicht beachtete Erscheinung, die Lulofs[33]) rechnerisch und experimentell untersucht und nachweist, daß die über die Bürsten fließenden Ausgleichströme die Ungleichheit der Polflüsse im wesentlichen beseitigen und daher nur geringe Beträge annehmen, die den funkenfreien Gang nicht beeinträchtigen können. — Kehse[34]) behandelt die Ermittlung der Anschlußpunkte einer Ankerwicklung für Spannungsteiler. — Eine besondere Form der Wicklungselemente für zweipolige Ankerwicklungen zur Verbesserung der Ventilation wird von Weltzel[35]) angegeben. — In der amerikanischen Patentschrift Nr. 1 051 821 wird eine besondere Anordnung des vom magnetischen Kreis der Hauptpole unabhängigen Wendepolkreises empfohlen.

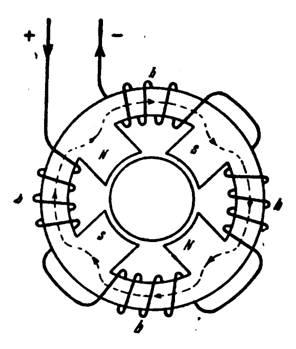


Abb. 4. Beseitigung des remanenten Magnetismus.

Stromwendung. Über die viel umstrittene Frage, ob bei funkenfreiem Lauf in der Kommutierungszone ein Wendefeld bestehen muß oder nicht, scheint jetzt bei den meisten Fachleuten vollkommene Klarheit zu herrschen. Die vom Referenten im Berichtsjahre 1912 vertretene Anschauung, daß die Meinungsverschiedenheiten hierüber mehr in der Formulierung als in der tatsächlichen Auffassung begründet seien, werden durch viele Aufsätze im Berichtsjahre 1913 bestätigt. In erster Linie sind hier die Arbeiten von Binder[36]), Latour[37]) und Worrall[38]) hervorzuheben; besonders in der Binderschen Arbeit kommt die auch vom Referenten im Jahrbuch 1912 vertretene Anschauung zum Ausdruck, daß bei funkenfreiem Lauf gewöhnlich in einem mittleren Teil des Ankerzahnes die Radialkomponente der Induktion null ist. Dies bestätigt auch eine experimentelle Untersuchung von Linke[39]), auf die Menges[40]) in einem Briefe hinweist, um damit die von einigen Autoren (z. B. von Arnold „Die Gleichstrommaschine I" S. 765 bis 767) vertretene Anschauung zu widerlegen, daß zur funkenfreien Stromwendung in der Wendezone ein Wendefeld bestehen müsse. Die ganze Verwirrung ist darauf zurückzuführen, daß bei der Berechnung von Maschinen stets angenommen wird, daß die Leitermitten der Ankerwicklung auf der Peripherie des äußeren Ankerumfangs liegen. Bei dieser Annahme ergibt sich dann auch, daß bei funkenfreier Stromwendung ein Wendefeld (nämlich die Radialkomponente am Ankerumfang) vorhanden sein muß. Bei der oszillographischen Aufnahme der in einer Ankerwindung induzierten EMK erhält man aber nicht die Feldkurve am Ankerumfang, sondern die in der mittleren Höhe des Zahnes; diese ist natürlich bei funkenfreiem Lauf nicht wesentlich von Null verschieden, was auch die oszillographischen Aufnahmen von Linke (Abb. 5) bestätigen.

Eine sehr umfangreiche experimentelle Untersuchung über die Kommutierung in Gleichstrommaschinen verdanken wir Mauduit[41]). An zahl-

reichen, unter verschiedenen Versuchsbedingungen aufgenommenen Oszillogrammen weist er nach, daß der Spannungsabfall zwischen Bürste und Kommutator auch bei Stromdichten von mehreren Hundert A/cm^2 bei guter Auflage der Bürsten den Wert von 1 bis 2 V (je nach Bürstenqualität und Auflagedruck) nicht überschreitet, und daß die Kontaktspannung e als Funktion der Stromdichte i sehr angenähert durch die Beziehung $e = \frac{e_0 i}{a + i}$ dargestellt werden kann. Hierin sind e_0 und a Materialkonstanten und zwar ist e_0 die Kontaktspannung bei der Stromdichte $i = \infty$; bei gutem Kontakt ist $e_0 = 1$ bis 2 V. Bei einer analytischen Untersuchung der Kommutierungstheorie müßte diese Funktion der Kontaktspannung in die Differentialgleichung der Kommutierung eingeführt werden; die unter Annahme einer linearen Beziehung zwischen Kontaktspannung und Stromdichte aufgestellte bekannte theoretische Bedingung für funkenfreien Lauf $\frac{RT}{L} > 1$ kann daher keinen Anspruch auf auch nur annähernde Gültigkeit machen.

In der Praxis hat sich die Bedingung für funkenfreien Lauf $\frac{RT}{L} > 1$ ebenfalls als unzutreffend erwiesen. Es sind Maschinen gebaut worden, bei denen $\frac{RT}{L}$ wesentlich kleiner als 1 ist, die aber dennoch funkenfrei laufen. Das von

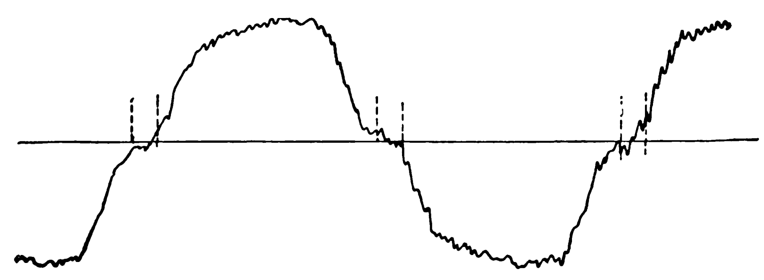


Abb. 5. EWK einer Ankerwindung. (Aus ETZ 1908, S. 1051.)

Mauduit gefundene Gesetz der Kontaktspannung erklärt aber leider nicht diese Unstimmigkeit zwischen Theorie und praktischer Erfahrung, im Gegenteil, da die Kontaktspannung langsamer als linear mit der Stromstärke anwächst, müßte der Induktionskoeffizient L der kurzgeschlossenen Ankerspule bei funkenfreiem Gang noch wesentlich geringer sein, als die Bedingung $\frac{RT}{L} > 1$ verlangt.

In diesem Zusammenhange sei auch eine experimentelle Untersuchung von H a y a s h i[42]) über den Einfluß der Temperatur auf die Größe der Kontaktspannung von Kohlenbürsten erwähnt. Wie auch andere Experimentatoren findet er eine wesentliche Abnahme der Kontaktspannung mit der Temperatur; sie ist aber bei weitem nicht von der Größenordnung, daß dadurch die rapide Abnahme des Kontaktwiderstandes mit der Stromdichte erklärt werden könnte. Diese Arbeit verdient besonders als Beitrag zum Wesen des Kontaktwiderstandes hervorgehoben zu werden. — Über die Kontaktspannung und Bürstenreibungsverluste handeln noch einige Arbeiten von E r b e n und F r e e m a n[43]), von E d g e c o m b und D i c k[44]), von W i l s o n[45]) und von K a l b[46]). — In H e l i o s[47]) wird vorgeschlagen, die Bürstenführung vom Halter zu isolieren, um eine möglichst glatte Führung der Bürsten aufrechtzuerhalten.

P i c h e l m a y e r hat zwei Arbeiten zur Theorie der Stromwendung geschrieben. In der ersten Arbeit[48]) wird die Hobart-Pichelmayersche Berechnungsmethode an zahlreichen Maschinen geprüft und die in der Pichelmayerschen Formel vorkommende Erfahrungszahl ζ als innerhalb der Grenzen $3 < \zeta < 12$

liegend gefunden. Diese weiten Grenzen der Erfahrungszahl ζ geben Niethammer[49]) Veranlassung, den Wert der Formel anzuzweifeln und darauf hinzuweisen, daß die Pichelmayersche Berechnungsmethode oft 3 bis 3,5 mal zu große Werte ergebe. Die Pichelmayersche Formel ist ursprünglich für wendepollose Maschinen bestimmt gewesen, und die Erfahrungskonstante ist so eingesetzt worden, daß auch die vom Ankerquerfeld induzierte EMK annähernd Berücksichtigung findet. Für diese Maschinen hat sie in der Praxis gute Dienste geleistet; daß sie bei Wendepolmaschinen, wo das Ankerquerfeld durch die Wendepolerregung unterdrückt ist, zu große Werte ergibt, oder die Einsetzung einer kleineren Erfahrungszahl verlangt, ist verständlich. Auch nach den Erfahrungen des Referenten haben die mit den von Pichelmayer früher angegebenen Erfahrungszahlen berechneten „Reaktanzspannungen" bei Wendepolmaschinen zu große Werte ergeben. Für Wendepolmaschinen sollte man die bei der Stromwendung in der kurzgeschlossenen Ankerspule induzierte EMK etwas genauer bestimmen. Dieses Bedürfnis hat wohl auch Pichelmayer empfunden und in seiner zweiten Arbeit[50]) die EMK der Stromwendung in Komponenten zerlegt, bei deren Berechnung die besonderen Einflüsse berücksichtigt werden können. — Schließlich möge hier noch eine Arbeit von Szilas[51]) über experimentelle Erfahrungen bei Gleichstrommaschinen mit Wendepolen erwähnt werden.

Erwärmung. Das Erwärmungsproblem ist wieder durch eine Arbeit von Binder[52]) gefördert worden, in der er die Temperatur im Innern von Magnetspulen untersucht und ein einfaches graphisches Verfahren angibt, um die Temperatur in Magnetspulen beliebigen Querschnittes näherungsweise zu bestimmen. — Szilas[53]) beschäftigt sich mit der graphischen Bestimmung der Übertemperatur von Maschinen, deren Belastung sich zeitlich nach einer beliebigen Funktion ändert; er weist darauf hin, daß die übrigen Theorien immer einen vollkommen homogenen Körper voraussetzen, und gibt ein Näherungsverfahren an, um der Abweichung von diesem Idealfalle Rechnung zu tragen. — Der Vollständigkeit wegen soll hier noch die Arbeit von Grice[54]) erwähnt werden, die aber wohl keine wesentlich neuen Gesichtspunkte bringt.

In einer Versammlung des Am. Inst. El. Eng. im Februar 1913 wurde sehr eingehend über die Erwärmung von elektrischen Maschinen diskutiert. Den Ausgangspunkt der Diskussion bildete eine Reihe von Berichten, die im Auftrage des Am. Inst. El. Eng. erstattet wurden, das seine Maschinennormalien umzuarbeiten beabsichtigt. Langmuir[55]) bespricht die physikalischen Gesetze der äußeren Wärmeleitung und untersucht den Anteil der Strahlung und der Konvektion an der gesamten Wärmeabgabe, sowie im besonderen den Einfluß von Luftdruck und Lufttemperatur auf die Wärmeabgabe durch Konvektion. Er weist darauf hin, daß beim Wärmeübergang von festen zu flüssigen Körpern die Viskosität der Flüssigkeit eine große Rolle spielt und erklärt hiermit die häufig beobachtete Tatsache, daß Öltransformatoren bei höheren absoluten Temperaturen eine wesentlich größere Wärmemenge abzugeben vermögen als bei niederen Temperaturen. Skinner, Chubb und Thomas[56]) geben eine experimentelle Untersuchung über den Einfluß der Lufttemperatur, des Luftdruckes und der Luftfeuchtigkeit auf die Temperaturerhöhung elektrischer Apparate. Diese ergibt sich als unabhängig von der Lufttemperatur, wenn die Temperatur der Zimmerwände mit der Lufttemperatur übereinstimmt. Der Barometerstand hat nur geringen Einfluß auf die Temperaturerhöhung, der Einfluß der Luftfeuchtigkeit kann merkwürdigerweise vernachlässigt werden, solange keine Nebelbildung stattfindet. Denselben Gegenstand behandeln auch Blanchard und Anderson[57]) und kommen im wesentlichen zu demselben Ergebnis wie die vorher genannten Autoren; sie finden im besonderen, daß eine Temperaturänderung der umgebenden Luft von 1° C eine Beeinflussung der Übertemperatur um 0,15° C ergibt. — Day und Beckmann[58]) untersuchen allein den Einfluß der Lufttemperatur auf die Temperaturzunahme bei Motoren und Generatoren und finden, daß die Temperaturzunahme

bei niedrigerer Lufttemperatur im allgemeinen größer ist als bei höherer Lufttemperatur. Doch ergibt sich hier kein gesetzmäßiges Verhalten, das zur Aufstellung einer Korrektion der Temperaturzunahme verwertet werden könnte, die der jeweiligen Lufttemperatur Rechnung trägt. In der sich an diese Arbeiten anschließenden Diskussion[59]), über die auch S c h ü l e r[60]) berichtet, verdient hauptsächlich folgendes hervorgehoben zu werden.

Es findet allgemein Bestätigung, daß sich in der Praxis ein sehr wesentlicher Einfluß der Lufttemperatur auf die Temperaturzunahme in elektrischen Maschinen und Apparaten, hauptsächlich bei vollständig geschlossenen, geltend macht, der von einigen Fachleuten sogar so hoch bewertet wird, daß sie die absolute Maschinentemperatur als praktisch unabhängig von der Lufttemperatur betrachten. Diese Erscheinung ist jedenfalls sehr merkwürdig, denn mit den bekannten Gesetzen der Strahlung und der Konvektion läßt sie sich nicht erklären. Unter der Annahme, daß sich keine Teile der Maschinenoberfläche gegenseitig bestrahlen, ergeben sich nämlich die in Abb. 6 dargestelllten Temperaturen τ des sich erwärmenden Körpers als Funktion der Temperatur (τ_0) der umgebenden Luft. Es gelten die Kurven a, b und c für eine Wärmeentwicklung von 1400, 700 und 350 W auf 1 cm² der Oberfläche. In Wirklichkeit ist die Abnahme der Temperaturerhöhung ($\tau - \tau_0$) mit der Lufttemperatur (τ_0) noch wesentlich geringer, weil sich im allgemeinen ein großer Teil der gesamten Oberfläche gegenseitig bestrahlt. Bei Apparaten mit Ölkühlung läßt sich allerdings die wesentlich geringere Temperaturzunahme bei höherer absoluter Temperatur des Körpers leicht durch die geringere Viskosität des Öles bei höheren Temperaturen erklären.

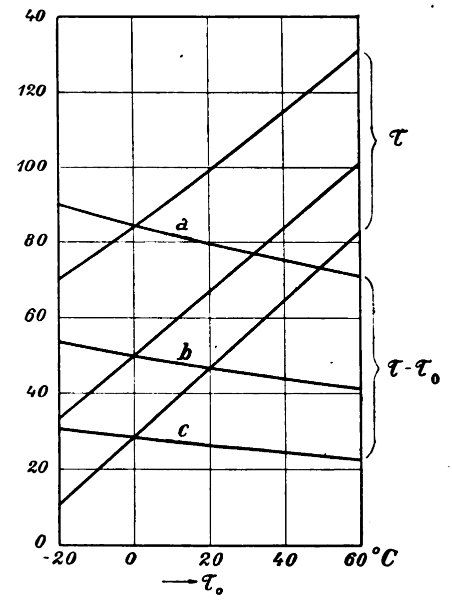


Abb. 6. Erwärmung als Funktion der Raumtemperatur.

Auch über eine andere Frage ist sehr viel diskutiert worden, nämlich darüber, ob in den Maschinennormalien für die Höchsttemperatur im Innern der Maschine eine Grenze angegeben werden sollte. Über die Notwendigkeit dieser Vorschrift herrschte wohl nur eine Meinung, doch konnte man zur Bestimmung dieser Höchsttemperatur keine praktisch brauchbare Methode angeben, denn wenn man auch Widerstandsspulen oder Thermoelemente bei der Fabrikation zwischen den Windungen der Maschine mit einwickeln wollte, so wäre es doch notwendig, vorher die Stelle der Maschine genau zu kennen, an der die höchste Temperatur auftreten wird; diese Stelle läßt sich aber sehr schwer schätzen, da sie wesentlich abhängig ist von dem Aufbau und der Dimensionierung der Maschine. Zahlreiche Arbeiten über die Messung von Temperaturen an Maschinen und Apparaten sind in den Heften der Proc. Am. Inst. El. Eng. vom Februar und März 1913 abgedruckt.

Lüftung. Der Bau von schnellaufenden Maschinen bei großer Leistung macht eine energische künstliche Durchlüftung erforderlich. Der Reinigung der Kühlluft wird große Aufmerksamkeit zugewandt, und besondere Luftfilter finden in den meisten Fällen bei künstlicher Ventilation Anwendung. Bei einigen neueren Filterkonstruktionen wird die Kühlluft durch einen Wasserregen geleitet, der sie von Staubteilchen und anderen Unreinigkeiten befreit. — Nach einem Patent der S i e m e n s - S c h u c k e r t w e r k e[62]) wird durch einen auf der Welle angebrachten Ventilator die Luft veranlaßt, nacheinander durch die Maschine und einen mit der Maschine verbundenen Rippenkörper, der auch

konstruktiv mit der Maschine vereinigt sein kann, zu zirkulieren, wodurch bei vollständiger Kapselung der Maschine die Leistungsfähigkeit erhöht werden kann. — Einrichtungen zur Ventilation von Maschinen sind ferner angegeben in der österr. Patentschrift Nr. 59 623 und in der deutschen Patentschrift Nr. 259 034.

[1]) Chittenden, Engineering Bd 96, S 561. — [2]) Leblanc, Lum. él. Ser. 2, Bd 20, S 355, 387; Bd 21, S 7, 35. — [3]) Leblanc, Lum. él. Ser. 2, Bd 23, S 9, 69. — [4]) Rogowski, Arch. El. Bd 2, S 81. — [5]) A E G, DRP 259 879. — [6]) El. Railway J. Bd 41, S 326; El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 665. — [8]) Bayr. Ind. u. Gewerbebl. 1913, S 211. — [8]) Trettin, Dingl. polytechn. J. Bd 328, S 129. — [9]) Moß u. Mould, J. Inst. El. Eng. Bd 49, S 804. — [10]) Wolff, Z. f. El. Masch.-Bau 1913, S 553. — [11]) Lewinnek, AEG-Ztg., Jg. 15, Nr. 10, S 7. — [12]) Cramer, AEG-Ztg. Jahrg. 16, Nr. 2, S 8. — [13]) Schmidt, Z. El. Masch.-Bau 1913, S 153. — [14]) Goldschmid, Helios Exportz. 1913, S 330. — [15]) Edington, Engineering Bd 95, S 143. — [16]) Livingstone, Electrician (Ldn.) Bd 70, S 759. — [18]) Pontecorvo, ETZ 1913, S 547. — [18]) Richter, DRP 272 729. — [19]) Ziehl, ETZ 1913, S 446. — [20]) Helios Exportz. 1913, S 2111; Morgan, J. Inst. El. Eng. Bd 52, S 106; Webb, El. Rev. (Ldn.) Bd 71, S 822; DRP 259 419. — [21]) Buch, Diss. Braunschweig 1912. — [22]) Plaisant, Lum. él. Ser. 2, Bd 23, S 392. — [23]) König, El. Anz. 1912, S 1231. — [24]) Breslauer, ETZ 1913, S 671. — [25]) v. Mauthner, ETZ 1913, S 958. — [26]) A.-G. Brown, Boveri & Co., franz. Pat. 453 472. — [27]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1913, S 390. — [28]) Brunswick, Compt. rendus acad. sciences Bd 156, S 223. — [29]) Hay, Electrician (Ldn.) Bd 72, S 283. — [30]) Guilbert, Lum. él. Ser. 2, Bd 22, S 69. — [31]) Küntziger, Lum. él. Ser. 2, Bd 24, S 134. — [32]) Pichelmayer, El. Masch.-Bau 1913, S 777. — [33]) Lulofs, Electrician (Ldn.) Bd 70, S 303. — [34]) Kehse, ETZ 1913, S 1285. — [35]) Weltzel, ETZ 1913, S 351. — [36]) Binder, El. Masch.-Bau 1913, S 177. — [37]) Latour, El. Masch.-Bau 1913, S 633. — [38]) Worrall, El. Masch.-Bau 1913, S 365. — [39]) Linke, ETZ 1908, S 1051. — [40]) Menges, El. Masch.-Bau 1913, S 990. — [41]) Mauduit, Recherches exper. et théor. sur la commutation, Paris, Dunod & Pinat. — [42]) Hayashi, Arch. El. Bd 2, S 70. — [43]) Erben u. Freeman, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 371. — [44]) Edgecomb u. Dick, Proc. Am. Inst. el. Eng. 1913, S 451. — [45]) Wilson, Proc. Am. Inst. el. Eng. 1913, S 641. — [46]) Kalb, El. Rlwy. Jl. Bd 40, S 491. — [48]) Helios Fachz. 1913, S 553. — [48]) Pichelmayer, ETZ 1912, S 1100. — [49]) Niethammer, ETZ 1913, S 896. — [50]) Pichelmayer, El. Masch.-Bau 1913, S 693. — [51]) Szilas, El. Masch.-Bau 1913, S 949. — [52]) Binder, Arch. El. Bd 2, S 131. — [53]) Szilas, El. Masch.-Bau 1913, S 1065. — [54]) Grice, J. Inst. El. Eng. Bd 52, S 391. — [55]) Langmuir, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 391. — [56]) Skinner, Chubb u. Thomas, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913 S 555. — [58]) Blanchard u. Anderson, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 465. — [57]) Day u. Beckmann, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 417. — [59]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1833. — [60]) Schüler, ETZ 1913, S 455. — [61]) Christie, El. Masch.-Bau 1913, S 666; El. World Bd 62, S 95. — [62]) Siemens-Schuckertwerke, franz. Pat. 451 016.

Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren.

Von Dr. L. Fleischmann.

Theorie und Allgemeines. Das Anwachsen der Leistungseinheiten der Generatoren hält weiterhin an. Heinecke[1]) beschreibt eine Turbodynamo der A E G für eine Leistung von 20 000 kVA. Bemerkenswert an dieser ist die konstruktive Durchbildung der Führung des Luftstromes, durch welche eine intensive Kühlung der Wicklung und des Eisens erzielt wird. Noch größere Einheiten sind projektiert[2]). Es drängt sich unwillkürlich die Frage auf, wo die Grenze dieser Entwicklung liegt. Die Beantwortung sucht Lamme[3]) zu geben. In einem Vortrag bespricht er die Schranken, welche dem Bau von Turbogeneratoren gesetzt sind durch die bei großen Leistungen nötigen hohen Umfangsgeschwindigkeiten und durch die Schwierigkeit der Abführung großer

Wärmemengen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß bei zweipoliger Ausführung und 3600 Umdrehungen in der Minute die Leistungsgrenze bei 5000 kVA und für vierpolige Generatoren und 1500 Umdrehungen in der Minute diese bei 20 000 kVA liegt. Diese Zahlen gelten aber nur unter zwei Voraussetzungen, einmal, daß es nicht gelingt, die Verluste in den Generatoren zu vermindern, und dann, daß nicht bessere Methoden der Wärmeabfuhr gefunden werden. Mit der Frage der zusätzlichen Verluste in Generatoren hat sich Brainard[4]) befaßt. Er kommt auf Grund von Versuchen zum Ergebnis, daß ein Teil der gemessenen zusätzlichen Verluste, welche bei Kurzschluß bei Turbogeneratoren auftreten, durch Stromverdrängung in den Leitern, durch Wirbelstromverluste in den nicht lamellierten Teilen der Maschine bedingt sind, während ein anderer Teil auf Wirbelstromverluste in umgebenden Metallteilen infolge größerer Streuung zurückzuführen ist. In sehr ausführlicher Weise behandelt Rogowski[5]) die Frage der zusätzlichen Kupferverluste durch Stromverdrängung in Wechselstrommaschinen, und er weist nach, daß es eine kritische Kupferhöhe in jedem einzelnen Fall gibt, über die hinauszugehen sich nicht empfiehlt. Gänzlich vermeiden lassen sich diese zusätzlichen Verluste durch Verwendung spezieller Leiter, von denen mehrere Anordnungen[6]) [7]) bekannt geworden sind. Sie beruhen darauf, den Stab aus mehreren voneinander isolierten Teilleitern bestehen zu lassen, die gegeneinander verdrillt werden. Auch die Frage der Wärmeabführung spielt, wie bereits oben erwähnt, eine große Rolle im Entwurf großer Maschinen. Eine Arbeit von Langmuir[8]) gibt Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Erwärmung von Maschinen, unter Berücksichtigung vieler verschiedener Publikationen über Leitung, Konvektion und Strahlung der Wärme.

Die Vorausberechnung des Kurzschlußstromes spielt eine Rolle bei der Bestimmung des Spannungsabfalles bzw. bei der Regulierung eines Generators. Hierüber sind Arbeiten erschienen von Rezelmann[9]) und von Blondel[10]). Da man die großen Einheiten zweckmäßigerweise mit schlechter Regulierung ausführt, wächst das Interesse an Stromverbrauchern, welche den Leistungsfaktor zu verbessern gestatten. Unter diesen steht an erster Stelle der Synchronmotor, dessen Verwendung im großen Maßstab nur seine ungünstigen Anlaufverhältnisse im Wege stehen.

Eine Untersuchung mittels Oszillographen von Newbury[11]) über das Anlaufen von Synchronmotoren kommt zu folgenden praktischen Ergebnissen:

Der Einfluß des geschlossenen Feldkreises ist vernachlässigbar, wenn Dämpferstäbe von niedrigem Widerstande verwendet werden.

Beim Anlassen mit offenem Feldkreis werden gefährliche Spannungen in diesem induziert, so daß man in allen gewöhnlichen Fällen den Motor mit geschlossenem Feld anlassen sollte.

Man erhält steigende Drehmomente, wenn man den Motor zuerst an niedrige Spannung ohne Erregung legt, hierauf diese einschaltet und dann den Motor auf volle Spannung umschaltet. Durch Übererregung vor Umschalten kann in den meisten Fällen der Stromstoß verringert werden. Eine noch größere Reduktion ergibt sich durch Zwischenschaltung einer Drosselspule. Auf einem andern Wege versucht Rosenberg[12]) diese Schwierigkeit zu überwinden. Er schaltet den Stator eines Induktionsmotors, welcher die gleiche oder geringere Polzahl wie der Synchronmotor besitzt, in Reihe mit diesem. Bei Anlauf entwickelt der Drehstrommotor, vorzugsweise einer mit Schleifringanker, das größere Drehmoment, während bei Synchronismus dasjenige der Synchronmaschine überwiegt, so daß der Drehstrommotor zunächst kurzgeschlossen und dann abgeschaltetwerden kann. Daß auch heute schon Synchronmotoren trotz der anhaftenden Mängel ausgedehnte Verwendung finden, zeigt eine Anlage für die Rand Mines in Südafrika[14]), wo zwölf Synchronmotoren von 1600 kW bei 3000 Umdrehungen in der Minute Kompressormotoren antreiben.

[1]) Heinecke, ETZ 1913, S 1135. — [2]) El. World Bd 62, S 553. — [3]) Lamme, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 3. — [4]) Brainard, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 549. — [5]) Rogowski, Arch. El. Bd 2, S 81. —

[6]) DRP 259 879. — [7]) Lum. El. Ser. 2, Bd 32, S 219. — [8]) Langmuir, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 391. — [9]) Rezelmann, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 927. — [10]) Blondel, Ind. el. 1913, S 219. — [11]) Newbury, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1259. — [12]) Rosenberg, J. Inst. El. Eng. Bd 51, S 62. — [13]) El. Kraftbetr. 1913, S 492.

Induktionsmotoren.

Von Oberingenieur W. Zederbohm.

Theorie und Allgemeines. Bei der hohen Vollkommenheit, die der Bau der asynchronen Motoren heute erreicht hat, sowie infolge der fast lückenlosen Erkenntnis der elektrischen Vorgänge sind neue bedeutsame Erscheinungen auf diesem Gebiete kaum mehr zu erwarten.

Im Berichtsjahr finden sich deshalb nur wenige Artikel, welche unsere Erkenntnis wesentlich beeinflussen.

Gestützt auf die von Rogowski und Simons gegebenen Grundlagen, untersucht Meyer-Wülfing[1]) die doppelt verkettete Streuung beim Zwei- und Dreiphasenmotor mit Zweiphasenrotor, mit dem Ergebnis, daß ein wesentlicher Unterschied zwischen Zwei- und Dreiphasenrotor beim Drehstrommotor nicht besteht, daß dagegen der Zweiphasenmotor mit Zweiphasenrotor einen um etwa 50% größeren Streukoeffizienten der doppelt verketteten Streuung hat als der Drehstrommotor.

Für den Einphasenmotor gab es bis jetzt zwei Theorien: die von Leblanc, welche das einachsige Wechselfeld durch zwei gegenläufige Drehfelder ersetzte, und die Querfeldtheorie von Potier-Görges, die die in der Motorwicklung induzierte Spannung in zwei Komponenten zerlegt. Moser[2]) geht ohne diese Hilfsanschauungen direkt auf das Endziel los: zur Aufstellung eines Kreisdiagramms. Er entwickelt zu diesem Zweck ohne Zuhilfenahme der symbolischen Rechnungsmethode eine Gleichung für den Momentanwert des Läuferstromes an einer beliebigen Stelle des Umfanges und bei beliebiger Geschwindigkeit des Rotors. Hieraus werden alle anderen zur Konstruktion des Kreises nötigen Daten einfach abgeleitet. Das aufgestellte Diagramm ist im großen und ganzen dasselbe wie das bereits von Ossanna abgeleitete.

Beim Durchgang eines Drehstrommotors durch Synchronismus tritt bekanntlich sowohl in der elektrischen Leistung, die der Stator vom Netz bezieht, als auch in der mechanischen Leistung, die der Rotor an die Welle abgibt, ein Leistungssprung auf, dessen Betrag doppelt so groß ist als die Leistung des Hysteresemomentes. Zur Klärung des wirklichen Verlaufes dieses Leistungssprunges hat ein von Vallauri[3]) angestellter sinnreicher Versuch wesentlich beigetragen. Ein mit einer Gleichstromdynamo gekuppelter Drehstrommotor wurde dermaßen angetrieben, daß der Durchgang durch Synchronismus von + 0,003 bis — 0,003% Schlüpfung fünf Minuten dauerte. Die Leistungsänderung tritt nicht plötzlich auf, sondern allmählich und beginnt mit dem Augenblick des Durchganges durch den Synchronismus. Das Intervall, in dem der Motor mit der gekuppelten Gleichstrommaschine nicht als Umformer arbeitet, sondern aus beiden Netzen zur Deckung der Eigenverluste Energie bezieht, ist durch die Werte der Schlüpfung + 0,0056 und — 0,0025 begrenzt, bei welchen Werten die Gleichstromleistung bzw. die Drehstromleistung durch Null geht.

Eine sehr wichtige Frage für den Berechner wie für den Käufer elektrischer Maschinen ist die der zusätzlichen Verluste. Der genauen Berechnung sind diese Verluste bis heute schwer zugänglich gewesen, da sie teilweise von vielen Zufälligkeiten in der Konstruktion und Fabrikation der Maschinen abhängig sind. Reist und Averratt[4]) haben nun versucht, die Höhe dieser Verluste an einer großen Zahl von Motoren durch genaue Messungen festzustellen. Besonderer Wert wurde auf die Ermittlung der zusätzlichen Eisenverluste gelegt, für die Messungen wurden deshalb Motoren mit dünner Drahtwicklung

benutzt, um Wirbelstromverluste im Kupfer zu vermeiden. Die ermittelten Verluste betrugen bis zu 2,5%, im Mittel ¾ bis 1% der gesamten zugeführten Leistung, und zwar bei Motoren von ½ bis 100 kW Leistung. Die Verfasser haben weiter gefunden, daß ganz geschlossene Nuten infolge der hohen Zahnsättigungen sehr erhebliche zusätzliche Verluste verursachen. So wurde bei einem Motor mit ganz geschlossenen Nuten im Stator und Rotor der Wirkungsgrad aus Einzelverlusten zu 88,1% und aus direkter Messung zu 77,4% gemessen; bei einem anderen Motor mit geschlitzten Statornuten und ganz geschlossenen Rotornuten wurden folgende Unterschiede im Wirkungsgrad gemessen: bei ½ Last 1,7%, bei ¾ Last 2,2%, bei $^1/_1$ Last 2,8% und bei 1½ Last 3,4%. An Motoren mit magnetischen Nutenkeilen wurde festgestellt, daß die Eisenverluste bei sauber ausgeführten und gut isolierten Keilen ½ bis $^1/_3$, bei schlecht isolierten Keilen zwei- bis dreimal so hoch waren als bei ganz offenen Nuten, eine Erfahrung, die auch anderswo vielfach gemacht wurde.

Über die Berechnung der Wirbelstromverluste in massiven, in Eisen eingebetteten Leitern lag bisher nur die grundlegende Arbeit von Field sowie die wertvolle Erweiterung von Emde vor. Beide Arbeiten sind jedoch nicht so recht zum Rüstzeug des praktischen Ingenieurs geworden, als sie es ihrer Wichtigkeit nach verdienten. Rogowski[5]) hat nun in äußerst anschaulicher Weise diese Materie nochmals behandelt, in einer Form, die seinen Rechnungen und Formeln direkten Eingang in die Praxis schaffen wird. Die Schlußfolgerungen, daß der Wechselstromwiderstand mit wachsendem Kupfergewicht zunächst abnimmt, ein Minimum erreicht und wieder zunimmt, sowie daß die zusätzlichen Kupferverluste in den Nuten einer richtig dimensionierten Maschine höchstens 33% der aus dem errechneten Gleichstromwiderstand betragen sollen, sind für den Praktiker äußerst wertvoll.

Die Höhe der zusätzlichen Kupferverluste hat Davies[6]) an verschiedenen Motoren von 75 bis 600 kW bei Frequenzen von 25 bis 60 und Stromstärken von 100 bis 600 A/Leiter im Mittel zu 6% der Statorkupferverluste aus dem Gleichstromwiderstand berechnet.

Motoren mit Kurzschlußrotor werden in Deutschland trotz ihrer großen Einfachheit und Betriebssicherheit verhältnismäßig wenig verwendet. Der Grund mag in der Furcht vor dem größeren Anlaufstrom liegen, der im Gegensatz zu dem des Schleifringankermotors nötig ist, um ein noch annehmbares Anlaufmoment ohne zu große Verluste bei normalem Lauf zu erzielen. In den früher nicht sehr großen Leistungen der Kraftwerke mag man die Berechtigung für die Verweigerung der Anschlüsse größerer Motoren suchen. Die heutigen Großkraftwerke, auch die der großen industriellen Anlagen können ohne weiteres größere Motoreinheiten mit Käfigrotor zulassen als bisher.

Wohl jedem mit der Prüfung und Berechnung von Drehstrommotoren vertrauten Ingenieur ist bekannt, daß oft die Motoren bei verhältnismäßig niedrigen Tourenzahlen hängenbleiben (schleichen), und er weiß, daß das Verhältnis der Nutenzahlen in Ständer und Läufer die Ursache dieser Störung des normalen Verlaufes der Drehmomentenkurve ist. Durch Oberfelder wird das sinusförmige Hauptfeld verzerrt und gibt Anlaß zu Sattelbildungen in der Drehmomentenkurve. Arnold und La Cour suchen den Grund in der nicht sinusförmigen EMK der Wicklungen, während Punga[7]) der Verschiedenheit der Leitfähigkeit der magnetischen Kraftlinien, die durch die Nutenöffnungen und Sättigungen der Zahnspitzen herbeigeführt wird, den Hauptwert beimißt. Ohne allerdings eine vollständige Lösung der Frage zu geben, kommt er zu dem Ergebnis, daß die Rotornutenzahl nur um ein geringes kleiner sein soll als die Statornutenzahl, und gibt noch eine Reihe wertvoller Anregungen und Daten, auf denen mit Erfolg weitergebaut werden kann.

Der geringe Unterschied in den Nutenzahlen bringt, wie dem Referenten aus seiner Praxis bekannt ist, allerdings eine unangenehme Begleiterscheinung mit, nämlich ein störendes magnetisches Geräusch. Gerade die Geräuschfrage ist in letzter Zeit mit dem Vordrängen der elektrischen Kraftübertragung bis

in die menschlichen Wohnstätten mehr und mehr in den Vordergrund getreten. Sie ist eine der schwierigsten des ganzen Elektromaschinenbaus und harrt noch heute der vollkommenen Lösung.

Pontecorvo[8]) gibt aus dem Prüffeld der Westinghouse-Gesellschaft einige Erfahrungszahlen. Stark begünstigt wird die Geräuschbildung durch (besonders in Amerika) übliche offene Nuten sowie durch starke Ausnutzung der Maschinen und dadurch bedingte hohe Zahnsättigungen. Auch der mechanische Aufbau kann wesentlich zur Verstärkung des Geräusches beitragen, besonders wenn zur Erzielung geringen Gewichtes die Lagerschilder der Motoren aus gepreßtem Stahlblech hergestellt werden, wie dies neuerdings die Westinghouse-Gesellschaft[9]) ausführt.

Für größere schnellaufende Motoren, besonders für unterirdische Wasserhaltungen, hat sich in den letzten Jahren eine ganz typische Bauart herausgebildet, die mit geringen Abweichungen wohl von allen deutschen Elektrizitätsfirmen ausgeführt und von Gaze[10]) näher beschrieben wird. Die Motoren sind gegen den Betriebsraum bis auf die Ausblaseöffnung vollständig abgeschlossen. Die Lagerschilde sind so ausgebildet, daß sie durch zwei Eintrittsstutzen an gemauerte Frischluftkanäle, in die noch zweckmäßig Filter eingebaut werden, angeschlossen werden können. Die Ausblaseöffnung ist durch eine geeignete Schutzhaube gegen das Eindringen von Tropf- und Spritzwasser geschützt.

Der gewöhnliche Asynchronmotor ist in seiner Drehzahl nur durch Einschalten von Rotorwiderstand unter großen Verlusten regelbar. Eine nicht gleichmäßige, nur in wenigen Stufen erreichbare Regelung ist durch Verwendung der Polumschaltung, der Ausführung mit mehreren Wicklungen und der Kaskadenschaltung zweier ein- oder mehrpoliger Asynchronmotoren möglich gemacht. Seit der Erfindung der Drehstromkommutatormotoren fehlte es nicht an Bestrebungen, diese Stufenmotoren weiter zu vervollkommnen. Der Drehstromserienmotor wird allerdings durch den asynchronen Stufenmotor kaum ersetzt werden können, da der letztere die für viele Betriebe so wertvolle Seriencharakteristik nur wieder durch Schlupfwiderstand, also mit großen Verlusten, erreichen kann. Der Drehstromnebenschlußmotor hat vorläufig noch so wenig gute elektrische Eigenschaften, daß der Stufenmotor mit mehreren Drehzahlen ihm erfolgreich an die Seite gestellt werden kann.

Knöpfli[11]) gibt Vergleichswerte eines vierstufigen Asynchronmotors, die zeigen, daß der Induktionsmotor bei seinen vier Drehzahlen dem Nebenschlußmotor im Wirkungsgrad beträchtlich überlegen ist. Auch der Leistungsfaktor ist nur bei der höheren Drehzahl ungünstiger, bei den kleineren Drehzahlen wieder bedeutend besser als bei dem Kommutatormotor. Der Nachteil des Asynchronmotors besteht einzig und allein darin, daß er nur vier Drehzahlstufen hat, gegenüber 6 bis 12 beim Nebenschlußmotor. Doch reichen diese vier Stufen in den meisten Fällen vollständig aus.

Polumschaltbare Motoren für zwei Drehzahlen, die nicht im Verhältnis 1:2 stehen, mußten bisher mit zwei getrennten Wicklungen im Ständer und, wenn sie Schleifringanker erhalten, auch mit zwei Wicklungen im Läufer ausgeführt werden. Der Nachteil dieser Ausführung ist bekannt, die zwei Wicklungen erfordern größere Blechpaketdimensionen, im Rotor sechs Schleifringe und sind besonders für Hochspannung schwierig voneinander zu isolieren. Um die größere als normale Anzahl der Schleifringe zu vermeiden, hat man auch versucht, die zwei getrennten Wicklungen in Kaskade zu schalten; es bestand hierfür ein jetzt erloschenes Patent der Siemens-Schuckertwerke. Hunt[12]) hat nun in dem neuerdings bekannt gewordenen Sandycroftmotor durch eine geniale Anordnung der Wicklung es fertig gebracht, mit einer einzigen Wicklung im Stator und im Rotor eine Kaskadenschaltung, allerdings nur für bestimmte Polzahlen, zu erreichen.

Man denke sich auf den Rotor eines achtpolig gewickelten Drehstrommotors eine achtpolige Einstabwicklung und eine gegenläufige vierpolige Zweistabwicklung in einer bestimmten räumlichen Lage zueinander untergebracht und beide Wicklungen in Reihe geschaltet. Es sind also in jeder Nute drei Stäbe

übereinander angeordnet. Der Stromverlauf in den Nuten zeigt nun, daß in bestimmten Nuten zwei Stäbe in entgegengesetzter Richtung vom Strom durchflossen werden, sie heben sich in ihrer Wirkung auf und werden fortgelassen. In den anderen Nuten können je zwei Leiter verschiedener Phase durch einen einzigen ersetzt werden, der einen Strom resultierender Phase und Größe führt. Die Läuferwicklung erzeugt so durch die von dem achtpoligen Drehfeld induzierten Ströme ein sekundäres vierpoliges Feld, das auf die Statorwicklung zurückwirkt. Auf eine normale achtpolige Wicklung würde das sekundäre Feld ohne Einfluß bleiben. Hier hat jede Phase zwei parallele Zweige, die wieder durch Anschlüsse in vier Unterabteilungen unterteilt sind. Da in allen vier Abteilungen der Primärstrom gleichphasig in einer Richtung fließt, so sind diese Anschlußpunkte äquipotential, und an der primären Stromverteilung wird durch Verbindung der Anschlüsse nichts geändert. Diese bilden für die vom Rotor induzierten Ströme einen Ausgleich. Also in der Statorwicklung fließen zwei Ströme verschiedener Frequenz — Netzfrequenz und Schlupffrequenz — und verschiedener Phase. Die Drehzahl entspricht der Summe der in der Rotorwicklung geschalteten Polzahlen $8 + 4 = 12$, also 500 bei der Frequenz 50. Der Anlasser wird zwischen die äquipotentialen Punkte der Statorwicklung gelegt.

Werden die in der Rotorwicklung sich aufhebenden Stäbe durch einen einzigen ersetzt und die Enden dieser Stäbe über Schleifringe kurzgeschlossen, so ist die Rotorwicklung eine ganz normale achtpolige Zweistabwicklung geworden; der Motor läuft als normaler Motor mit 750 Touren.

Der Vorteil dieses Sandycroftmotors liegt in seinen geringen Abmessungen, welche trotz der zwei Drehzahlen nicht viel größer zu sein brauchen als die eines normalen achtpoligen Motors und der Erzielung zweier Drehzahlen, die durch Widerstandsregelung noch geregelt werden können.

Nachteile sind die geringen Drehzahlen, als höchste kommen 500/750 in Frage, sowie die Schwierigkeit der Ausführung der parallelen Statorwicklung und der Anlasser bei Hochspannung.

Ein Motor mit 2 Drehzahlen ist auch der von Kloß erfundene doppeltgespeiste Drehstrommotor. Legt man gleichzeitig Ständer und Läufer an das Netz, so nimmt der Motor die doppelte, seiner Polzahl entsprechende Drehzahl an und verhält sich dabei wie ein Synchronmotor. Schwierigkeiten machte bei diesem Motor das Anlaufen auf den doppelten Synchronismus; ohne besondere Anwurfmaschinen war ein Durchlaufen durch den einfachen Synchronismus bisher nicht möglich. Diese Schwierigkeit scheint durch eine Erfindung von W. P. Durtnell und A. H. Binyon[13]) beseitigt zu sein, die auf höchst einfache Weise den Läufer über Drosselspulen an das Netz legen und damit ein Anlaufen erzielt haben.

Die wissenschaftliche Erklärung dieser Anlaßmethode liegt noch nicht vor, sie wird sicher eine der interessantesten in der Wechselstromtechnik werden.

Last not least sei das Buch von Hobart „Design of Polyphase Generators and Motors"[14]) erwähnt. Der Verfasser legt hier die Fülle seiner reichen Erfahrungen in einem für den Studierenden wie für den Fachmann gleich interessanten Buch nieder. Neu ist die Einteilung des Stoffes; es werden nicht zuerst die theoretischen Grundlagen gegeben, sondern an Hand eines Rechnungsbeispieles wird der Leser in die Theorie und die praktischen Erfahrungen eingeführt. In einem besonderen Abschnitt ist der Asynchrongenerator behandelt, für dessen Verwendung Hobart bereits des öfteren eingetreten ist.

[1]) H. Meyer-Wülfing, Arch. El. Bd 1, S 363. — [2]) R. Moser, El. Masch.-Bau 1912, S 845. — [3]) G. Vallauri, El. Masch.-Bau 1912, S 1061. — [4]) W. G. Reist u. A. E. Averrat, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 137. — [5]) W. Rogowski, Arch. El. Bd 2, S 81. — [6]) R. W. Davies, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 363. — [7]) F. Punga, El. Masch.-Bau 1912, S 1017. — [8]) Pontecorvo, ETZ 1913, S 547. — [9]) Pontecorvo, El. World Bd 62, S 202. — [10]) AEG-Ztg. August 1913. — [11]) O. Knöpfli, Bulletin Schweiz. El. Ver. 1913, S 185. — [12]) A. Ricker, Z. Ver. D. Ing. 1913, S 1503. — [13]) Binyon, Electrician (Ldn) Bd 72, S 187. — [14]) Hobart, Design of Polyphase Generators and Motors.

Wechselstrom-Kommutatormaschinen.

Von Prof. Rudolf Richter.

Nach jahrelanger intensiver Arbeit auf dem Gebiete der Wechselstrom-Kommutatormaschinen läßt das Berichtsjahr 1913 schon eine gewisse Sättigung in der Entwicklung neuer Ideen und Verbesserungen erkennen; viele ältere, zuweilen sogar schon längst in allen Einzelheiten ausgearbeitete Vorschläge werden von neuem aufgegriffen. Die wesentlichsten Fragen können als gelöst gelten, und man darf heute den Wechselstrom-Kommutatormotor nicht mehr zu den Spezialmaschinen rechnen, sondern muß ihm einen Platz neben dem Gleichstrommotor, dem Induktionsmotor und dem Synchronmotor einräumen, da seine Entwicklung bereits zu einem gewissen Abschluß gekommen und ihm ein größeres Anwendungsgebiet gesichert ist.

Einphasenmotoren mit Reihenschlußeigenschaften. Latour[1]) vergleicht die verschiedenen Lokomotivmotoren, die bei den Versuchen der Cie. des Chemins de fer du Midi Verwendung fanden und kommt zu dem Ergebnis, daß der von der französischen Thomson-Houston-Gesellschaft gebaute Reihenschlußmotor mit Wendefeld dem einfachen Repulsionsmotor, dem kompensierten Repulsionsmotor und dem Reihenschlußmotor ohne Wendefeld überlegen ist. Bei jenem Motor wird die richtige Phase des Wendefeldes durch einen in bekannter Weise zur Wendefeldwicklung parallel geschalteten induktionsfreien Widerstand erhalten. Durch passende Schaltung der mit der Kompensationswicklung teilweise vereinigten Erregerwicklung (nach ETZ 1906, S. 560 und 61) wird eine besondere Wendewicklung entbehrlich, so daß sich eine sehr einfache Wicklungsanordnung ergibt. R. Richter[2]) vermeidet bei derselben Wicklungsanordnung den Ohmschen Widerstand, indem er dem Teil der Ständerwicklung, der zur Erregung des Wendefelds dient, eine der Netzspannung phasengleiche Spannung zuführt.

Die Soc. Alsacienne de Constructions mécaniques[3]) empfiehlt, die Wendewicklung mit dem Strom der kurzgeschlossenen Kompensationswicklung zu speisen und durch einen parallel zur Wendewicklung gelegten induktionsfreien Widerstand die passende Phase des Wendefeldes einzustellen. Gegenüber der sonst üblichen Reihenschaltung von Kompensations-Wendefeld- und Ankerwicklung scheint aber jene Schaltung keinen Vorteil zu bieten, denn bei der Bemessung der Wicklung wird die vorgeschlagene Schaltung dem Konstrukteur kaum mehr Freiheit lassen, als die sonst übliche Reihenschaltung.

Alexanderson[4]) berichtet über praktische Erfahrungen mit einem von ihm vorgeschlagenen Wechselstrom-Kommutatormotor. Gewöhnlich regelt man die Geschwindigkeit eines Motors durch Änderung der Gesamtspannung; als wesentlichstes Kennzeichen des Alexandersonschen Motors galt dagegen bisher die Geschwindigkeitsregelung durch Änderung der Aufteilung der gesamten Motorspannung auf Ständer- und Läuferarbeitswicklung, wobei die gesamte Motorspannung konstant bleibt, derart, daß mit zunehmender Geschwindigkeit die Spannung der Ständerarbeitswicklung sinkt, was für die Funkenunterdrückung im allgemeinen günstig ist. Nach dem jetzt von Alexanderson angegebenen Schaltungsschema (Abb. 7) hat er aber diese Regelungsmethode verlassen, denn es wird nur die dem Anker zugeführte Spannung geändert, die Ständerarbeitswicklung liegt dagegen an konstanter Spannung, so daß im normalen Betriebe die Funkenunterdrückung vollkommen der des Wechselstrom-Kommutatormotors mit konstantem Querfelde entspricht (Motor der Siemens-Schuckertwerke)[5]). Mit der ersten Veröffentlichung Alexandersons stimmt nur noch die Anlaufschaltung überein, bei der die Ankerbürsten kurzgeschlossen sind (vgl. Abb. 7), so daß durch die Erregerwicklung nur der schwächere Ständerarbeitsstrom fließt und der Motor mit geschwächtem Erregerfelde anläuft. Die Feldschwächung im Anlauf ist aber in einfacherer Schaltung und teilweise auch in vollkommenerer Weise möglich.

Eine solche Schaltung wird z. B. im Berichtsjahre von den Ateliers de Constructions Electriques du Nord et de l'Est[6]) empfohlen, ist aber schon vor Jahren vom Referenten angegeben worden.[7])

Nicholson und Haigh[8]) beschreiben einen Wechselstrommotor, dessen Ständerwicklung von 8 auf 4 Pole umschaltbar ist. Der Motor läuft als Repulsionsmotor mit achtpoliger Ständerwicklung an, wird bei etwa synchroner Drehzahl in einen kompensierten Repulsionsmotor mit vierpoliger Ständerwicklung umgeschaltet und erhält schließlich bei Drehzahlen, die über der synchronen (entsprechend der vierpoligen Maschine) liegen, die Schaltung des gewöhnlichen achtpoligen Reihenschlußmotors. Die geringen Vorteile, die diese mehrfache Umschaltung des Motors hinsichtlich Funkenunterdrückung und Verbesserung des Leistungsfaktors hat, stehen nicht im Einklang mit der beträchtlichen Verteuerung des Motors durch die umschaltbare Ständerwicklung. Der Wirkungsgrad wird durch diese Wicklung und die schlecht ausgenützte Ankerwicklung, die sowohl für die einfache, wie für die doppelte Polzahl geeignet sein muß, wesentlich niedriger sein als beim gewöhnlichen Wechselstrom-Reihenschlußmotor.

7 a. Schaltbild.

7 b. Schaltstellen des Übergangsschalters.

Schaltstufe	Schützen							V	R	V	R
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		●				●	●	●	○	●	○
2		●	●			●	●	●	○	●	○
3				●	●	●	●	●	○	●	○
4	●		●			●	●	●	○	●	○

V- vorwärts R-rückwärts

7 c. Reihenfolge der Schützen.

Abb. 7. Wechselstrom-Kommutatormotor von Alexanderson. (Aus ETZ 1913, S 1020.)

Methoden zur Geschwindigkeitsregelung von Motoren durch Verschieben der Bürsten sind von R. Richter[9]) und von der französischen Thomson-Houston-Gesellschaft[10]) angegeben worden. Um hierbei eine zu große Änderung des Flusses, der die EMK der Bewegung im Anker induziert, zu verhindern, werden sämtliche Bürstensätze beweglich angeordnet, je zwei Sätze werden zu einem Stromkreise geschlossen und zur Regelung der Geschwindigkeit gegeneinander bewegt. Diese Regelungsmethoden lassen sich auch bei Mehrphasenmotoren anwenden.

Um die bei der Geschwindigkeitsregelung zu schaltenden Ströme zu verringern und um die Stromwendung zu verbessern, hat R. Richter[11]) den Anker mit zwei Wicklungen ausgeführt, die über getrennte Kommutatoren in Reihe geschaltet sind. — Zur Verhinderung des Bürstenfeuers bei Repulsionsmotoren empfiehlt Liwschitz[12]) eine zweigängige, zweifach geschlossene Ankerwicklung zu verwenden und auf dem Kommutator zwei gleichachsige Kurzschlußkreise vorzusehen; wobei die Breite jeder Bürste kleiner als eine Lamellenteilung ist. Die einzelnen Bürstensätze können dann eine Ankerwindung nicht mehr unmittelbar kurzschließen; der Kurzschluß kommt erst über Teile der Wicklung und andere Bürstensätze zustande, derart, daß gegenüber der sonst üblichen Anordnung der Widerstand des Kurzschlußkreises bei derselben EMK etwa verdoppelt wird.

Lißner[13]) hat eine Arbeit zur Theorie der Wechselstrom-Kommutatormotoren geschrieben. Die Wirkungsweise des Kommutatorankers bei Ein- und Mehrphasenmaschinen wird von Winkler[14]) behandelt. Aus geschichtlichem Interesse sei noch ein Aufsatz von Latour[15]) erwähnt, der schon vor 12 Jahren geschrieben, aber erst jetzt veröffentlicht worden ist.

Einphasenmotoren mit Nebenschlußeigenschaften. Hier verdient besonders ein Motor von Heyland[16]) hervorgehoben zu werden, der in seiner wichtigsten Betriebsschaltung in Abb. 8 dargestellt ist. Der Motor hat wie der bekannte Repulsionsmotor zwei Bürstensätze, von denen der eine kurzgeschlossen ist; während aber beim kompensierten Repulsionsmotor die »Kurzschlußachse« mit der Achse der Ständerwicklung übereinstimmt, steht sie (im zweipoligen Schema) beim Heylandschen Motor senkrecht zur Wicklungsachse des Ständers. Die Geschwindigkeit wird durch Änderung der dem Anker zugeführten Spannung geregelt. Dabei ist beachtenswert, daß für jede Drehzahl die EMK der Ruhe unter den nicht kurzgeschlossenen Hauptbürsten durch eine gleich große EMK der Bewegung vernichtet wird. Der Induktionsfluß in der Kurzschlußachse, der die EMK der Ruhe in den von Hauptbürsten kurzgeschlossenen Ankerwindungen induziert, ist proportional dem Produkt aus Drehzahl und Induktionsfluß der Ständerwicklung; dieses Produkt bestimmt aber auch die EMK der Bewegung in den von Hauptbürsten kurzgeschlossenen Ankerwindungen. Für die kurzgeschlossenen Hilfsbürsten ist die Funkenunterdrückung nicht so günstig. Diese Bürsten sollen deshalb schmäler ausgeführt werden als die Hauptbürsten, oder sie sollen auf einem besonderen Kommutator, der an eine zweite Wicklung niedrigerer Spannung angeschlossen ist, schleifen. Die Hilfsbürsten führen nur den Magnetisierungsstrom zur Erregung des Induktionsflusses in der Kurzschlußachse; er beträgt bei derselben Ankerwicklung etwa ein Drittel des Stromes, der durch die Hauptbürsten fließt. Bei Stillstand ist der Induktionsfluß in der Kurzschlußachse und somit das Anlaufmoment des Motors Null. Im Anlauf sollen deshalb die Bürsten aus der Betriebslage verschoben werden, so daß der Motor als Repulsionsmotor anläuft, indem der Ankerstrom sich durch die Hilfsbürsten schließt. Dies ist ein großer Nachteil des Motors, der seine Einführung für den Lokomotivantrieb sehr erschwert, denn die Hilfsbürsten müssen für den größten Ankerstrom bemessen werden, der je im Anlauf zu erwarten ist. Man könnte allerdings im Anlauf den Kurzschluß der Hilfsbürsten aufheben und die Hauptbürsten kurzschließen, doch würde hierdurch die Schaltung recht verwickelt werden. Heyland hat diesen Motor auch für Drehstrom ausgebildet.

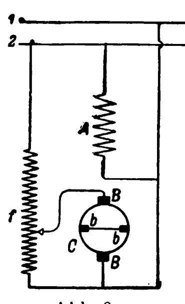


Abb. 8.
Einphasennabenschlußmotor nach Heyland.
(Aus ETZ 1913, S 844.)

Eine Arbeit von Martin[17]) behandelt den bekannten Motor mit Nebenschlußcharakteristik, der sich aus dem in Abb. 8 dargestellten ergibt, wenn die Bürstensätze um 90° gedreht werden. Wolf[18]) beschreibt einige hierher gehörige Patente der Siemens-Schuckertwerke.

Für manche Betriebe, hauptsächlich für Personenaufzüge, verlangt man von dem Antriebsmotor, daß er im Anlauf ein großes Drehmoment entwickle und im Betriebe einer konstanten Geschwindigkeit zustrebe, die nicht regelbar zu sein braucht. Seit mehr als 10 Jahren finden hierfür Repulsionsmotoren Verwendung, deren Ankerwicklung in der Nähe der synchronen Geschwindigkeit durch einen auf der Ankerwelle befindlichen Zentrifugalschalter in drei Punkten kurzgeschlossen wird. Thomälen [19]) beschreibt solche Motoren der Siemens-Schuckertwerke; ähnliche Motoren werden von der Elektrizitätsgesellschaft Colonia [20]) und der amerikanischen Bell Electric Motor Co.[21]) gebaut.

Drehstrom-Kommutatormotoren. Nur wenige Jahre sind verflossen, seitdem sich die elektrotechnischen Fabriken mit dem Bau von Drehstrom-Kommutatormotoren beschäftigen, und doch hat dieser Motor, besonders bei Reihenschaltung seiner Wicklungen, schon eine weite Verbreitung gefunden. Er ist nicht mehr auf den Antrieb kleiner Arbeitsmaschinen, wie z. B. Spinnmaschinen beschränkt, sondern findet auch zum Antrieb von größeren Ventilatoren, Pumpen, kleineren Walzenstraßen, ja sogar von Förderanlagen Verwendung. Die größte bisher ausgeführte Einheit ist wohl ein Motor von Brown, Boveri & Cie. für 500 kVA bei 495 Umdrehungen in der Minute.

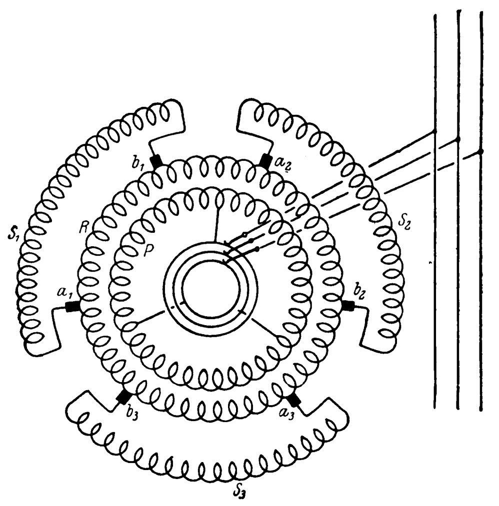


Abb. 9. Drehstrom-Kommutatormotor nach Schrage und Rüdenberg.

Sehr interessant ist eine Studie von Buff [22]), worin der Drehstrom-Kommutatormotor mit dem asynchronen Induktionsmotor und mit dem Gleichstrommotor in wirtschaftlicher und betriebstechnischer Hinsicht verglichen und worin untersucht wird, für welche Arbeitsmaschinen der Antrieb durch einen Drehstrom-Kommutatormotor wirtschaftlich lohnend ist. Mit wenigen Worten läßt sich hier hervorheben, daß der Drehstrom-Kommutatormotor dem Induktionsmotor vorzuziehen ist, wenn das Drehmoment verhältnismäßig langsam mit der Drehzahl sinkt. Sinkt es schneller als mit der zweiten Potenz der Drehzahl, so sind durch Verwendung eines Drehstrom-Kommutatormotors an Stelle des Induktionsmotors mit Regulierung durch Widerstand im Läuferkreis keine Ersparnisse mehr zu erwarten.

Die Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget [23]) baut Drehstrom-Kommutatormotoren mit Nebenschlußeigenschaften und Regelung durch Verschieben der Bürsten nach der in Abb. 9 dargestellten Schaltung. Der Läufer trägt die Primärwicklung P, die über Schleifringe vom Netz gespeist wird. Außerdem befindet sich auf dem Läufer noch eine Wicklung R mit Kommutator, dessen Bürsten über die Ständerwicklungen S_1, S_2 und S_3 geschlossen sind. Die Geschwindigkeitsregelung erfolgt durch Verschieben der Bürsten a_1, a_2 und a_3 gegen die Bürsten b_1, b_2 und b_3. Dieselbe Schaltung ist auch von Rüdenberg angegeben worden.

Mit dem Kreisdiagramm des Drehstrom-Reihenschlußmotors beschäftigt sich Binder [24]); er entwickelt ein Diagramm, aus dem sich der Zusammenhang zwischen Bürstenwinkel, Drehzahl, Drehmoment, Strom und Phasenwinkel für sämtliche Betriebsfälle leicht übersehen läßt. Zwei sehr ausführliche

Arbeiten von Hillebrand[25]) beschäftigen sich mit dem Spannungs- und Stromdiagramm[26]) des Drehstrom-Nebenschlußmotors.

Einrichtungen zur Funkenverhinderung bei Drehstrom-Kommutatormotoren werden von Heyland[27]) und von Brown, Boveri & Cie.[28]) vorgeschlagen. Nach der in Abb. 10 dargestellten Schaltung von Brown, Boveri & Cie. wird bei Drehstrom-Reihenschlußmotoren mit Regelung durch Verschieben der Bürsten erreicht, daß sich bei einem Bürstenwinkel von 30⁰ aus der Kurzschlußstellung die Wicklungen von Ständer und Läufer genau gegenüber stehen, so daß sich bei dieser Bürstenstellung, die gewöhnlich dem normalen Betriebe entspricht, keine das Bürstenfeuer begünstigenden Oberfelder ausbilden können. In Abb. 10 stellt *s* die Ständerwicklung, *r* den Läufer und *t* einen Reihentransformator dar.

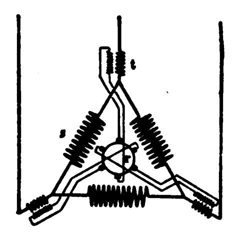


Abb. 10. Schaltung zur Verminderung der Oberfelder bei Belastung.

Die Abhängigkeit der EMK der Streuung von der Umlaufgeschwindigkeit der Läuferwicklung eines Drehstrom-Kommutatormotors wird von Winkler[29]) untersucht. Er findet mit andern Experimentatoren, daß diese EMK bei der synchronen Drehzahl nicht vollständig verschwindet, und erklärt dies damit, daß ein Teil der Streulinien nur mit je einem Leiter verkettet ist und deshalb in der Wicklung eine EMK induzieren muß, die unabhängig von der Geschwindigkeit des Ankers ist. Jonas[30]) untersucht die Möglichkeit der Phasenkompensation und der Stabilisierung durch Änderung des Windungsverhältnisses bei Drehstrom-Reihenschlußmotoren.

Selbsterregung und Nutzbremsung. Die Vorgänge bei der Selbsterregung von Maschinen mit Reihenschlußeigenschaften und die Möglichkeit einer Nutzbremsung sind in zahlreichen Arbeiten behandelt worden. Nach Scherbius[31]) ist der gewöhnliche Einphasen-Reihenschlußmotor für die Nutzbremsung am wenigsten geeignet, günstiger verhält sich der Drehstrom-Reihenschlußmotor und bei der Nutzbremsung des Repulsionsmotors läßt sich die Selbsterregung am leichtesten unterdrücken. Scherbius zeigt, daß man durch Zwischenschalten eines Reihentransformators (*T*) nach Abb. 11 den gewöhnlichen Reihenschlußmotor zur Nutzbremsung veranlassen kann; bei einem Versuch wurden 50% der gesamten Generatorleistung zurückgewonnen. Aber auch beim gewöhnlichen Einphasen-Reihenschlußmotor ohne Zwischentransformator hat Scherbius eine Nutzbremsung von einigen Prozenten der Generatorleistung beobachten können. Srnka[32]) hat ebenfalls die Schaltung nach Abb. 11 untersucht, fand aber, daß die Selbsterregung nur dann verhindert werden kann, wenn der Zwischentransformator stark gesättigt ist.

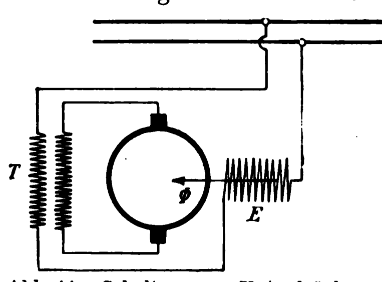


Abb. 11. Schaltung zur Unterdrückung der Selbsterregung. (Aus ETZ 1912, S 1266.)

Binder und Dyhr[33]) untersuchen die Entstehung der schädlichen Selbsterregung bei Drehstrom-Reihenschlußgeneratoren und zeigen, wie die Größe des Widerstandes berechnet werden kann, der die Selbsterregung verhindert. Scherbius und Klinkhamer[34]) beschäftigen sich ebenfalls mit der Berechnung dieses Widerstandes. Niethammer und Siegel[35]) untersuchen den Einfluß, den ein Wechselfeld in der Maschine auf die magnetische Gleichstromcharakteristik und auf die Selbsterregung durch Gleichstrom hat.

Zuweilen zeigen Wechselstrom-Kommutatormaschinen bei gewöhnlicher Motorschaltung im Betriebe Selbsterregungserscheinungen, die den Motor plötzlich zum Stillstand bringen oder wenigstens seine Drehzahl verringern, bis er seine Selbsterregung verliert; der Motor beschleunigt sich dann wieder —

wenn er nicht inzwischen vom Netz abgetrennt wird — bis zu der Geschwindigkeit, wo die Selbsterregung einsetzt, und so wiederholt sich das Spiel beliebig oft. Diese unangenehme Erscheinung wurde schon vor mehr als 10 Jahren im Versuchsfelde der Siemens-Schuckertwerke beim Experimentieren mit Drehstrom-Reihenschlußmotoren beobachtet, doch wurde damals dieser Vorgang nicht näher untersucht. Es ist auffallend, daß erst im letzten Jahre über diese Erscheinung Mitteilungen in die Öffentlichkeit gelangten, doch findet dies wohl darin seine Erklärung, daß die Erscheinung gewöhnlich nur bei Motoren größerer Leistung auftritt, weil bei kleinen Motoren der innere Widerstand der Wicklung im allgemeinen genügen wird, um die Selbsterregung zu unterdrücken; größere Drehstrom-Reihenschlußmotoren sind aber erst in den letzten Jahren gebaut worden. Schenkel[36]) zeigt, wie bei einem doppelt gespeisten Einphasenmotor und beim Drehstrom-Reihenschlußmotor diese schädliche Erregung zustande kommt. Außer der Einschaltung von induktionsfreien Vorschaltwiderständen gibt es beim Drehstrommotor noch ein sehr wirksames Mittel zur vollständigen Unterdrückung der Selbsterregung, nämlich die ohnehin schon sehr häufige Verwendung eines Zwischentransformators, dessen Primärwicklung in Stern geschaltet ist. Scherbius und Sonnenschein[37]) berichten ebenfalls über eine Selbsterregungserscheinung beim Drehstrom-Reihenschlußmotor ohne Zwischentransformator.

1) Latour, ETZ 1912, S 1231. — 2) R. Richter, ETZ 1913, S 161. — 3) Soc. Alsacienne, Lum. él. Ser 2, Bd 20, S 215; franz. Patent 437 943. — 4) Alexanderson, ETZ 1913, S 1019. — 5) ETZ 1907, S 827; vgl. auch ETZ 1908. S 809. — 6) Ateliers de Constructions Electriques, ETZ 1913, S 918; franz. Patent 449 636. — 7) Richter, DRP 234 045; auch ETZ 1910, S 1289. — 8) Nicholson und Haigh, J. Inst. El. Eng., Bd 50, S 268. — 9) R. Richter, DRP 257 865. — 10) Thomson-Houston Gesellschaft, Lum. él. Ser 2, Bd 21, S 186; franz. Patent 446 932. — 11) R. Richter, ETZ 1913, S 870. — 12) Liwschitz, El. Masch.-Bau 1913, S 653. — 13) Lissner, El. Masch.-Bau 1913, S 589. — 14) Winkler, El. Masch.-Bau 1913, S 881. — 15) Latour, Lum. él. Ser 2, Bd 20, S 199. — 16) Heyland, ETZ 1913, S 843. — 17) Martin, Lum. él. Ser 2, Bd 21, S 291. — 18) Wolf, El. Anz. 1913, S 315. — 19) Thomälen, El. Kraftbetr. 1913, S 453. — 20) Schulz, ETZ 1913, S 366. — 21) El. World, Bd 60, S 1011. — 22) Buff, Die Verwendbarkeit der Drehstrom-Kommutatormotoren, Berlin, J. Springer. — 23) Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Lum. él. Ser 2, Bd 2, S 247; vergl. auch Schrage, ETZ 1914, S 89. — 24) Binder, ETZ 1913, S. 410. — 25) Hillebrand, Arch. El. Bd 1, S 179. — 26) Hillebrand, Arch. El. Bd 1, S 258. — 27) Heyland, Lum. él. Ser 2, Bd 24, S 23; franz. Patent 453 919. — 28) Brown, Boveri & Cie., El. Masch.-Bau 1913, S 837. — 29) Winkler, El. Masch.-Bau 1913, S 1109. — 30) Jonas, ETZ 1913, S 1081. — 31) Scherbius, ETZ 1912, S 1264. — 32) Srnka, El. Masch.-Bau 1913, S. 695. — 33) Binder und Dyhr, ETZ 1913, 197. — 34) Scherbius und Klinkhamer, ETZ 1913, S 1333. — 35) Niethammer und Siegel, El. Masch.-Bau 1913, S 905. — 36) Schenkel, Arch. El. Bd 2, S 10. — 37) Scherbius und Sonnenschein, ETZ 1913, S 1228.

Rotierende Umformer und Gleichrichter.

Von Privatdozent Dr. Max Breslauer.

Die Aufgabe der Gleichrichtung von Wechselströmen und Drehströmen mit Hilfe von ruhenden Umformern wurde nach den Untersuchungen von Epstein[1]), welche bereits im Bericht des vorigen Jahres angekündigt waren, wesentlich gefördert. Es handelt sich jetzt nicht mehr um kleine Apparate, welche immer noch an das physikalische Kabinett erinnern, sondern bereits um erprobte Ausführungsformen und beträchtliche Starkstromleistungen, welche nach den Konstruktionen von Schäfer und von Hartmann-Kempf ausgeführt worden sind. Bei den Betriebsmessungen von Epstein wurde ein Gleichrichter von nicht weniger als 100 kW untersucht, welcher dauernd in der Eisengießerei von Johann Friedrich Mack, Frankfurt a. M., bei einer

Spannung von 240 V mit 360 A arbeitet. Der Gleichrichter war durch Vermittlung eines Einphasentransformators von 3000 V an das städtische Netz der Frankfurter Zentrale angeschlossen. Die Versuche von Epstein ergaben einen Gesamtwirkungsgrad der Anlage, unter Einrechnung der Verluste aller Nebenapparate, im betriebsmäßigen Zustande von 87,8, 87,3, 86,1, 80,7, 73% bei 60, 50, 40, 20, 10 kW. Aus der Ablesung der Zähler primär und sekundär ergab sich bei nur 33 kW durchschnittlicher Belastung ein Wirkungsgrad von nahezu 80%. Epstein benutzt die Gelegenheit, gleichzeitig festzustellen, ob irgendwie die Form des Stromes einen Einfluß auf den Betrieb der verschiedenartigen Stromverbrauchsstellen haben könnte. Selbstverständlich ist ein solcher Unterschied bei Heizwirkung unter keinen Umständen zu spüren. Auch bei Motoren wird, wie ebenfalls zu erwarten war, gezeigt, daß zusätzliche Verluste durch Pulsationen des Stromes nicht vorhanden sind. Mit diesen Erfahrungen ist die praktische Verwendbarkeit der Quecksilbergleichrichter in der neuen Form, nach den Schäferschen Patenten, endgültig erwiesen und damit ein ganz bedeutender Fortschritt in der allgemeinen Verwendbarkeit des Wechselstromes angebahnt.

Schon jetzt dringen Nachrichten aus Amerika herüber[2]), wonach elektrische Lokomotiven mit Gleichstrommotoren ausgerüstet und von einem Wechselstromnetz gespeist werden, wobei die Umformung auf der Lokomotive selbst mit Hilfe von Quecksilberumformern vorgenommen wird. Welche Bedeutung der Aufgabe der Gleichrichtung des Wechselstromes mit Hilfe von Quecksilbergleichrichtern von seiten der Großindustrie beigemessen wird, zeigt sich auch in dem kurz nach der Epsteinschen Veröffentlichung folgenden Artikel von Norden[3]), in welchem die Erfolge der AEG beim Bau von Gleichrichtern beschrieben und wonach ein Gleichrichter von 100 kW nach den Messungen von Orlich ca. 90% Wirkungsgrad haben soll. Es wird berichtet, daß die AEG einen Typ von 350 V bei 300 A gleichstromseitig als normales Modell ausführt und damit die Aufgabe löst, eine Batterie von 220 V, welche bei voller Ladung 325 V braucht, aus einem Wechselstromnetz zu laden.

Die eigentliche Urheberin und der Pionier auf diesem Gebiete ist die General Electric Co[4]) in Amerika, von welcher berichtet wird, daß sie bereits Modelle von 1000 kW, bei dauernd 600 bis 700 A, bis hinauf zu 2700 V herstellt.

Bemerkenswert ist, daß in der bisherigen Literatur Angaben über die Gewichte nicht gemacht werden. Infolgedessen ist eine exakte Vergleichung mit rotierenden Gleichrichtern in Bezug auf Leistung für 1 kg Gewicht nicht möglich. Es ist wünschenswert, daß diese Angaben möglichst bald veröffentlicht werden, um die Beurteilung auf diesem Wege exakter zu gestalten.

Von theoretischen Ausführungen sind diejenigen von G. Schulze[5]) von Interesse, der den Nachweis führt, daß die Verluste unabhängig von der Frequenz und der Strombelastung sind: es ist nur erforderlich, den Spannungsverlust bei Gleichstrom zu ermitteln, um ihn für jede Frequenz und Kurvenform zu kennen. Es wird dabei nachgewiesen, daß frühere Versuche von Tschudy nicht einwandfrei sind.

Endlich weist Busch[6]) nach, daß der Quecksilberlichtbogen bei schnellen Schwingungen sich ebenso verhält wie bei langsamen. Die Versuche erstrecken sich bis hinauf zu 500 000 Perioden in der Sekunde.

Auf dem Gebiete der Frequenzumformung findet sich eine bemerkenswerte Arbeit von Buff[7]), welche die verschiedenen Betriebsmöglichkeiten für die Anwendung asynchroner Motoren zur Herstellung von Frequenzänderung darstellt und deren Vorteile gegenüber der Verwendung von Motorgeneratoren aufzählt.

Abb. 12 und 13 stellen entsprechend der Energierichtung der Pfeile, die Umformung von 40 auf 50 Perioden dar, Abb. 14 und 15 umgekehrt die Umformung von hoher auf niedere Frequenz. Man erkennt, daß die Ausnutzung der Maschinen in den beiden ersteren Fällen günstiger ist und daher im allgemeinen den Vorzug verdient.

Gleichzeitig erkennt man den Vorteil einer solchen Schaltung gegenüber Motorgeneratoren, insofern, als nur eine der beiden Maschinen als Umformer für

die volle Energie bemessen zu sein braucht, während die andere Maschine, die mit dem eigentlichen Umformer direkt gekuppelt oder mit Riemen verbunden ist, nur einen Bruchteil der Energie zu übertragen hat und gleichzeitig bei beliebig hoher Geschwindigkeit sehr klein werden kann.

Es wird auch die häufig vorkommende Aufgabe besprochen, nicht bloß, wie bisher vorausgesetzt, die Frequenzumformung als solche zu bewirken, sondern auch zwei bestehende Netze verschiedener Frequenz, von welchen jedes seine besondere Energiequelle hat, miteinander zu kuppeln. Die Schwierigkeit besteht dann darin, daß etwa vorkommende Periodenschwankungen in jedem der beiden Netze natürlich nicht synchron auftreten und dann ein Außertrittfallen zur Folge haben, falls die Umformung mittels Synchronmaschinen geschieht.

Bei der vorgeschlagenen Anordnung mit asynchronem „Taktgeber" paßt sich die Gruppe ohne Schwierigkeit den Anforderungen des Betriebes an[8]). Die Schwierigkeit bei Synchronmaschinen beseitigt die Lancashire Dynamo & Motor Co. nach C. Turnbull[9]) dadurch, daß der Ständer der synchronen Maschinen drehbar angeordnet wird und dadurch den Schwankungen der Netzfrequenz zu folgen vermag. Offenbar ist die Anordnung mit Asyn-

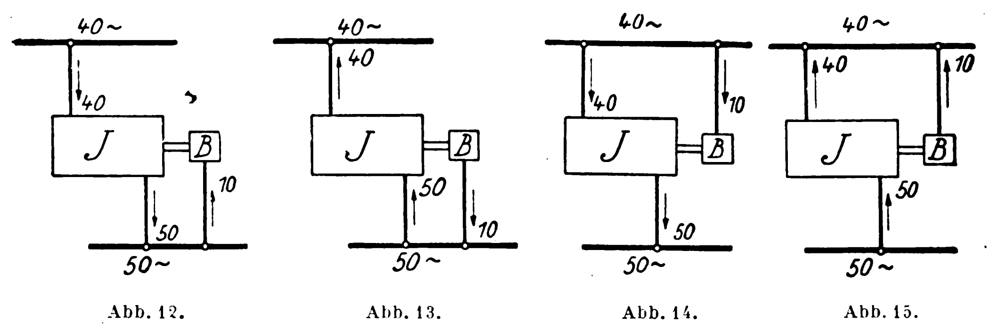


Abb. 12. Abb. 13. Abb. 14. Abb. 15.

Abb. 12—15. Frequenzumformung mittels asynchroner Motoren.

chronmaschinen mechanisch unvergleichlich viel einfacher, hat jedoch den Nachteil, daß bei Belastungsänderung erhebliche Spannungsschwankungen zu erwarten sind, für welche umständliche Regelapparate erforderlich werden: — ist, wie im allgemeinen der Fall, konstante Last zu erwarten, so ist die asynchrone Frequenzumformung jedenfalls weitaus im Vorteil.

Für die Umwandlung von Drehstrom in Gleichstrom ist ein wesentlicher Fortschritt in bezug auf Verbilligung durch Geschwindigkeitserhöhung der gewählten Typen auch in diesem Jahre nicht zu bemerken, trotzdem jedenfalls bei Einankerumformern die Verhältnisse viel einfacher liegen als bei Turbogeneratoren. Als besonders „hervorragende" Leistung wird aus Amerika[10]) von einem Einankerumformer von 1000 kW bei 60 Perioden und nur 600 Touren berichtet. Bemerkenswert ist, daß die Maschine, welche ein Jahr im Betriebe steht, noch ohne Wendepole gebaut ist; auch verwendet die ausführende Firma, die General Electric Co., eine angeblich neue Sorte selbsthergestellter Kohle-Kupferbürsten, ein Material, welches wegen seiner Mängel im Betriebe in Europa längst verlassen worden ist, seitdem auch bei den höchsten Kollektorgeschwindigkeiten bis zu 60 m/s reine Kohlenbürsten bei Turbogeneratoren mit bestem Erfolge bei allerdings guter Kollektorkühlung angewandt werden. Wichtig ist jedenfalls die Erkenntnis, daß in Amerika keine Bedenken bestehen, den Einankerumformer auch für beliebig hohe Leistungen und Polzahlen zu verwenden, wo in Europa aus offenbar unklaren Vorurteilen heraus Kaskadenumformer oder sogar noch Motorgeneratoren verwendet werden. Anderseits scheinen in Amerika, wo dieses Vorurteil gegenüber dem Einankerumformer

nicht besteht, die europäischen Kenntnisse und Erfahrungen zu fehlen, welche mit Kohlenbürsten Turbinengeschwindigkeiten gestatten, derart, daß der oben erwähnte Umformer für 1000 kW bequem mit 1800, ja sogar mit 3600 Touren hätte ausgeführt und erhebliche Ersparnisse gemacht werden können.

In diesem Zusammenhange ist die Arbeit von Riep bemerkenswert, welcher die Verwendung der Einankerumformer für Industriebahnen, also an einer Stelle beschreibt, wo sie den rohesten Anforderungen ausgesetzt sind und den stärksten Überlastungsstößen gewachsen sein müssen. Allerdings wird auch hier der größte Typ von 600 kW mit nur 750 Touren angegeben, wobei eigentümlicherweise von der sechsphasigen Schaltung zugunsten derjenigen mit drei Phasen trotz deren schlechterer Ausnutzung Abstand genommen wird.

Gleichzeitig wird berichtet, daß die Siemens-Schuckertwerke von 60 bis 350 kW bei 250 V Gleichstrom durchgängig 1500 Touren wählen, eine Geschwindigkeit, die modernen Anforderungen wenigstens einigermaßen nahekommt.

Nicht im Einklang steht hiermit allerdings, daß bei der ziemlich neuen Anlage für die Schöneberger Untergrundbahn für eine Leistung von 750 kW Kaskadenumformer verwendet werden, trotzdem noch zum Ausgleich der stoßweise auftretenden Belastungsänderungen eine Ausgleichbatterie vorgesehen ist[12].

[1]) Epstein, ETZ 1913, S 1415. — [2]) Vgl. Niethammer, El. Masch.-Bau 1913, S 33. — [3]) Norden, ETZ 1913, S 1479. — [4]) El. World, Bd 62, S 548. — [5]) G. Schulze, Arch. El. Bd 1, S 491. — [6]) Busch, Phys. Z. 1913, Nr 12. [7]) Buff, El. Kraftbetr. 1913, S 149. — [8]) DRP 230 392 u. 231 491. — [9]) Turnbull, El. Masch.-Bau 1912, S 924. — [10]) El. Rlwy. Il. v. 1. 2. 13, S. 221. — [11]) Riep, ETZ 1913, S 291. — [12]) ETZ 1913, S 293.

Transformatoren.

Von Privatdozent Dr. Max Breslauer.

Für den Aufbau der Transformatoren ist von Bedeutung, daß von mehreren Seiten derzeit angeregt wird, den Eisenquerschnitt des Joches größer zu machen als den der Schenkel, während nach den bisherigen Anschauungen durchgehends gleicher Querschnitt an allen Teilen des Eisens als günstigste Ausnutzung angesehen wurde. Nach J. Reyval[1]) soll der Jochquerschnitt ungefähr 20% größer sein als der Kernquerschnitt. Begründet wird dies damit, daß hierdurch Magnetisierungsstrom und Eisenverlust vermindert werden sollen. Interessant ist auch die Vorschrift von Reyval, wonach die Fensterbreite ungefähr gleich der Kernbreite sein soll.

Noch weiter geht Vidmar[2]). Er empfiehlt für das Joch sogar 2- bis 3 fachen Querschnitt gegenüber dem der Schenkel. Er zeigt, daß hiermit in Bezug auf die Kosten ein günstiges Verhältnis erzielt werden kann: — diese Arbeit ist auch sonst wegen der Mitteilung von Angaben, welche für die Preisbestimmung wichtig sind, beachtenswert.

In einer anderen Arbeit zeigt Vidmar[3]), daß ein einfaches Verhältnis zwischen der Größe des Leerlaufstromes und dem Eisenverlust abgeleitet werden kann. Bemerkenswert ist an diesem Aufsatz nicht so sehr die Ableitung dieser Formeln, welche noch einer genauen Nachkontrolle bedürfen und selbst im Falle der Richtigkeit wohl keine zu großen Erleichterungen gewähren werden, als vielmehr die Bedeutung, welche in diesem Falle der Größe des Leerlaufstromes beigemessen wird. Ferner gibt Vidmar aus seinen Erfahrungen an, daß durch die Stoßstellen, welche in einem Transformator vorkommen, ein Luftweg von etwa 0,1 mm entsteht, und daß hiernach der Kraftlinienwiderstand berechnet werden muß. In dieser Angabe steckt insofern etwas Bedenkliches, als doch offenbar die Größe des Luftweges von der Zahl der Stoßstellen abhängig sein muß, wohingegen die Angabe selbst nur eine absolute Vergrößerung des Widerstandes, ent-

sprechend 0,1 mm Luftweg, vorsieht. Bemerkenswert ist noch die tatsächliche Angabe, daß als Grenze für die Eisensättigung die Zahl 14 000 anzusehen ist und als Grenze für den Leerlaufstrom 10% des Gesamtstromes.

Im Zusammenhange hiermit steht noch die Arbeit von Thornton und Goldman[4]), insofern, als auch hier die Größe des Leerlaufstromes als entschiedene Grenzmarke für die Ausnutzbarkeit des Modelles angesehen wird. Verglichen wird hier das Verhalten ein und desselben Modelles, mit und ohne Wasserkühlung, einmal bei 25 Perioden und das andere Mal bei 60 Perioden. Im ungünstigen Falle, d. h. bei 25 Perioden ohne Wasserkühlung, wird nur eine Leistung von 500 kW erreicht, während bei 60 Perioden mit Wasserkühlung 1500 kW geleistet werden konnten. Dabei erscheint Temperaturerhöhung und Wirkungsgrad im allgemeinen unabhängig von der Belastung, hingegen wird hervorgehoben, daß der Leerlaufstrom bei 25 Perioden 10% beträgt, bei 60 Perioden jedoch auf nur 2% sinkt. Hieraus wird die Grenzleistung hergeleitet.

Als Höchstleistungen im Transformatorenbau erwähnt Niethammer[5]), daß der größte von der G E C gebaute Drehstromtransformator für 14000 kW bei 100 000 V bestimmt war. Der Typ ist bereits so groß, daß er nicht mehr als ein Stück transportiert werden konnte, sondern an Ort und Stelle zusammengebaut werden mußte.

Die A E G berichtet, daß ihr größter Transformator für 15 000 kW bei einer Prüfspannung von 270 000 V gebaut wurde.

Große Aufmerksamkeit wird immer mehr den Einschaltvorgängen und insbesondere dem Einschaltstrom der Transformatoren zugewandt. — W. Linke[6]) berichtet über die mathematische Darstellung der Einschaltvorgänge an Hand von Oszillogrammen, Kuhlmann[7]) über die Rückwirkung des Einschaltstromes von Motoren auf das Netz, ferner Rogowski[8]) über die Berechnung des Stromstoßes, indem er die Magnetisierungskurve in drei Teile zerlegt, von denen jeder für sich analytisch und graphisch analysiert werden kann. Seine Methode erinnert an die Methode von Schüler, welche dieser zur Berechnung der Vorgänge im Elektromagnet verwendet.

Hierher gehört auch die Arbeit von W. S. Moody[9]). Hier wird dargestellt, wie zur Verringerung der zerstörenden Wirkungen von Kurzschlußströmen eine große Reaktanz wünschenswert ist. Diese soll jedoch nicht in Form von Streuung in den Transformator selbst verlegt werden, wie das häufig geschieht, sondern in besondere Reaktanzspulen, deren Bemessung usw. angegeben wird.

In einer bemerkenswerten Arbeit zeigt Kühle[10]) den Einfluß von Drosselspulen für die Betriebsverhältnisse in Hochspannungskabelleitungen zur Kompensation der ungünstigen Wirkungen des Ladestromes infolge der Kapazität der Kabel. Es wird in einfacher Weise die Wirkung der Drosselspule auf die Verringerung des Ladestromes auseinandergesetzt; es zeigt sich, daß es nicht erforderlich ist, den ganzen Leerlaufstrom auszugleichen. Es genügt z. B., zwei Drosselspulen in Abstand von je ein viertel Kabellänge von den beiden Enden einzuschalten, um den Energieverlust durch Stromwärme auf $^1/_{16}$ herabzudrücken. Verzichtet man auf die völlige Kompensation des Ladestromes, so gelingt es, die Verluste sogar auf $^1/_{25}$ herabzudrücken. Darüber hinaus ist die Kompensation wertlos, weil die Drosselspulen zu groß und zu teuer werden und selbst Verlustträger sind. Es werden schließlich noch die Grenzen angegeben, für welche die Anwendung solcher Drosselspulen noch wirtschaftlich ist. Durch Vergrößerung des Leerlaufstromes im Transformator selbst mittels Vergrößerung des Luftspaltes kann ev. der Einbau von Drosselspulen vermieden werden.

Das Problem der Frequenzumformung durch ruhende Apparate führt zu der Tatsache, daß bei einem Drehstromtransformator, welcher sich aus drei in Stern verketteten Einphasentransformatoren zusammensetzt, über welchen eine gemeinsame Sekundärwicklung sich befindet, in dieser die dreifache Erregung entsteht. Dies wird von F. Spinelli[11]) näher untersucht. Das Verlockende dieser Anordnung besteht darin, daß man aus einem Einphasen- oder Drehstromnetz für 15 Perioden jetzt 45 Perioden erzielen kann, welche in der üblichen

Weise für Licht und Kraft verwendet werden können. Leider ergeben aber die Untersuchungen von Spinelli, wie im voraus zu erwarten war, daß ein solcher Transformator einen außerordentlich hohen Spannungsabfall zeigt, und daß daher voraussichtlich die Verwendbarkeit dieses Verfahrens wenig Aussicht auf Erfolg haben dürfte.

Was die im Transformatorenbau verwendeten Baumaterialien anbelangt, so spielt die Ölfrage eine beträchtliche Rolle: — eine willkommene Zusammenstellung der bei der Oxydation des Öles festgestellten Erscheinungen bietet A. Michie[12]). Zur Vermeidung der Oxydation empfiehlt Michie eine Anzahl von Maßnahmen, wie Kühlhalten des Öles, Vermeidung von Luftüberschuß im Öl, Vermeidung von Ozonbildung, Vermeidung von Berührung mit Metallen.

Bezüglich des wichtigsten Baumaterials für den Transformatorenbau ist nach Breslauer[13]) ein wesentlicher Fortschritt insofern erzielt worden, als es der Firma „Langbein-Pfanhauser-Werke" gelungen ist, das chemisch reine Elektrolyteisen nach dem Fischer'schen Verfahren marktfähig zu machen. Über das Verfahren selbst wird näheres nicht berichtet, nur wird mitgeteilt, daß der Preis sich ungefähr auf 1 M. für 1 kg stellen wird. Dies ist ein Preis, welcher schon durchaus innerhalb der Verwendungsmöglichkeit sich befindet und bei welchem das Elektrolyteisen gegenüber dem besten legierten Eisensorten nicht mehr allzusehr im Nachteil ist.

Es wird insbesondere hervorgehoben, daß der Vorzug dieses neuen Materials nicht so sehr darin besteht, daß die Verluste wesentlich geringer werden, als vielmehr darin, daß bei Verlusten, die ungefähr auf der gleichen Höhe sind wie die des legierten Eisens, die Permeabilität um ein Vielfaches besser wird als bei letzterem. Als Nachteil für dieses Material wird hervorgehoben, daß die Unterteilung wegen der guten Leitungsfähigkeit des Eisens wesentlich weiter getrieben werden muß als bei den silizierten Blechen, und zwar wird ins Auge zu fassen sein, daß die Blechdicke nicht mehr als 0,25 mm betragen soll. Anderseits ist der Hystereseverlust um etwa 30 bis 40% geringer, während die Wirbelstromverluste bei der erwähnten Unterteilung ungefähr die gleichen sein werden.

Damit ist die Hauptschwierigkeit für die Verwendung hochwertigen Eisens mit hoher Sättigung im Transformatorenbau beseitigt, nämlich die Furcht vor zu hohen Leerlaufströmen, welche mit unlegiertem Eisen unvermeidlich verbunden sind, und welche, wie Breslauer hervorhebt, bereits dahin geführt haben, daß sich unzulässig hohe Leerlaufströme bei Transformatoren eingebürgert haben, Leerlaufströme, welche bis zu 30 bis 40% des normalen Stromes betragen und infolgedessen eine fühlbare Belastung des Kabelnetzes sowie eine unzulässige Belastung der Primärmaschine herbeiführen.

Besonders bemerkenswert ist die Mahnung, auf diesen bisher wenig beachteten Punkt in Zukunft größeren Nachdruck zu legen, insbesondere die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker nach dieser Richtung in ähnlicher Weise zu ergänzen, wie dies jetzt schon beim Leerlauf von Drehstrommotoren geschieht.

[1]) Reyval, Lum. él. Ser. 2 Bd 21, S 135, 169. — [2]) Vidmar, El. Masch.-Bau 1913, S 1013. — [3]) Vidmar, El. Masch.-Bau 1913, S 913. — [4]) Thornton u. Goldman, El. World Bd 61, S 204. — [5]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1913, S 31. — [6]) Linke, ETZ 1913, S 153. — [7]) Kuhlmann, Arch. El., Bd 1, S 527. — [8]) Rogowski, Arch. El., Bd 1, S 344. — [9]) Moody, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, S 1873. — [10]) Kühle, ETZ 1913, S 734. — [11]) Spinnelli, Electrician (Ldn.), Bd 70, S 97. — [12]) Michie, Electrician (Ldn), Bd 71, S 218. — [13]) Breslauer, ETZ 1913, S 671.

Elektromagnete.

Von Privatdozent Dr. Max Breslauer.

Durch die Arbeit von Schüler[1]) ist der Elektromagnet sowohl in seiner Eigenschaft zum Heben von Lasten wie auch in seiner Eigenschaft als Hammer

in die Reihe derjenigen Apparate einbezogen worden, welche sowohl theoretisch als praktisch mit Hilfe der bewährten Prinzipien des Dynamobaues behandelt werden können. Schüler hat es unternommen, die Wirkungsweise des Elektromagnets während eines jeden Zeitmoments seines Hubes einer genauen Untersuchung zu unterziehen, und zwar ohne jede Vernachlässigung und ohne die üblichen unzulässigen vereinfachenden Voraussetzungen, wie konstante Stromstärke oder konstante Kraftlinienzahl während des Hubes. Dies sind Voraussetzungen, welche prinzipiell niemals erfüllt sein können und welche niemals auch nur annähernd zu irgendwelchen Schlüssen berechtigen, die für den Fortschritt dieser Apparate brauchbar wären.

Zum erstenmal kann hier von einer wirklichen Aufstellung der Energiebilanz in exakter Weise die Rede sein. Unterschieden wird insbesondere der Wirkungsgrad, bezogen auf die Hammerwirkung, d. h. die Berechnung der lebendigen Energie, welche durch die Hubbewegung aufgespeichert und an das zu bearbeitende Material abgegeben wird, z. B. bei Schlaghämmern zum Bohren von Löchern u. dgl., sogar auch für Nietwerkzeuge, im Gegensatz zur eigentlichen Hebearbeit, wie sie bei Bremsen, zum Heben von Lasten u. dgl. erforderlich wird.

Die Arbeit ist um so bedeutungsvoller, als die angewandte Methode zwar der sog. mathematischen Eleganz entbehrt, jedoch eine wirklich technische Methode genannt werden kann und alle diejenigen Punkte berücksichtigt, welche für die Beurteilung des Werkzeuges technisch und physikalisch notwendig und ausreichend sind.

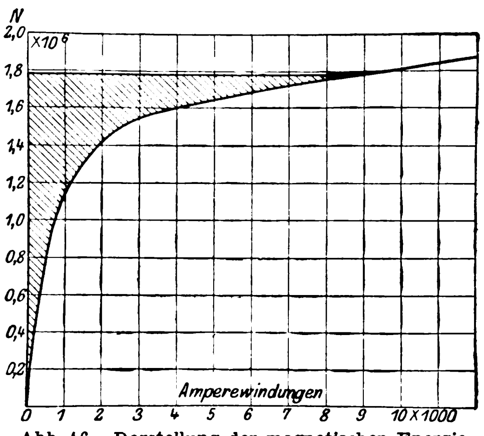


Abb. 16. Darstellung der magnetischen Energie. (Aus ETZ 1913, S. 613.)

Die Methode besteht darin, daß punktweise für jeden Moment des Hubes durch Annäherung alle erforderlichen Werte mittels einiger sich selbst kontrollierenden Rechnungen gewonnen werden und hieraus sich Kurven ergeben, welche unter Berücksichtigung der Eisensättigung die in jedem Augenblick vorhandene Stromstärke, die elektromotorische Gegenkraft, die Sättigung, das gehobene Gewicht, die Geschwindigkeitszunahme und die Geschwindigkeit selbst, die aufgenommene Leistung und die erforderlichen Amperewindungen festlegen. Auf diese Weise können die elektrischen und magnetischen Verluste bestimmt und aus ihnen ohne Schwierigkeit der Wirkungsgrad ermittelt werden.

Interessant ist hierbei die Kontrolle, welche Schüler dadurch ausübt, daß er die am Schlusse des Hubes noch vorhandene magnetische Energie, welche in dem ganzen System aufgespeichert ist, zu berechnen versucht und hierbei ebenfalls eine graphische Methode in Anwendung bringt, deren Verbreitung auch für andere Zwecke vorteilhaft sein würde. Er stellt die Kraftlinienzahl des ganzen Systems in Abhängigkeit von den gesamten Amperewindungen dar (s. Abb. 16) und erhält auf diese Weise $\int AW \cdot dN$, welches bei Wahl des richtigen Maßstabes unmittelbar die aufgespeicherte magnetische Energie in Wattsekunden darstellt. Die Auswertung des Integrals geschieht natürlich mittels Planimeter. Die Methode kann auch auf Wechselstrom ausgedehnt werden, nur ist die Zahl der zu berechnenden Punkte möglichst zu vermehren, um eine möglichst große Zahl derselben innerhalb einer Periode betrachten zu können.

Bei dieser Gelegenheit wird gezeigt, wie auch der Einfluß des Einschaltstoßes bei Wechselstrom elementar berechnet werden kann und wie es für den

Wirkungsgrad durchaus nicht gleichgültig ist, an welchem Zeitpunkt innerhalb der Wechselstromkurve die Einschaltung erfolgt.

Gegenüber diesen praktisch und theoretisch sehr fördernden Ausführungen von Schüler ist ein Artikel von Schiemann[2]), welcher mit Hilfe der üblichen mathematischen Vernachlässigungen ähnliche Aufgaben zu lösen trachtet, von minderer Bedeutung.

Es ist vorauszusehen, daß die Arbeit von Schüler ganz neue Wege auf diesem Gebiete weisen wird, welche auch zu praktisch neuen Ergebnissen führen müßten.

Einen interessanten Beitrag zur Behandlung und Kenntnis der Wechselstrommagnete liefert Wilson[3]). Um das bekannte Vibrieren bei Wechselstrommagneten zu vermeiden, umgibt er einen Teil der Polflächen mit einer kurzgeschlossenen Windung; hierdurch wird dieser Teil des Kraftflusses eine Phasenverschiebung gegenüber dem Kraftflusse auf der andern Polfläche erhalten und infolgedessen in dem Augenblick, wo die Anziehungskraft auf der übrigen Polfläche 0 wird, noch ein Hubmoment erzeugen und hierdurch das Vibrieren vermindern: praktische Versuche haben gezeigt, daß tatsächlich Verbesserungen erreichbar sind. Natürlich ist mit diesem Vorgehen ein beträchtlicher Energieverlust verbunden, und es muß Sorge dafür getragen werden, daß durch richtige Wahl des Widerstandes der Kurzschlußspule der Wirkungsgrad nicht allzusehr beeinträchtigt ist.

Von Bedeutung sind die Ausführungen von Duschnitz[4]). Zur Erzeugung einer hitzefesten Isolation ist selbstverständlich die Verwendung der üblichen Faserisolation ausgeschlossen. In erster Linie kommt hier das Hopfeltsche Verfahren in Betracht, welches von der Spezialfabrik für Aluminiumspulen und Leitungen in Berlin ausgeführt wird. Das Fabrikationsverfahren dieser Gesellschaft wird beschrieben; es besteht darin, daß zwischen je zwei Drahtlagen eine Isolationsschicht aus Asbestpappe, Glimmer, Preßspan oder Papier gegeben wird. Von Interesse ist es, daß die Gesellschaft besondere Wickelmaschinen ausgearbeitet hat, welche die Bedingungen richtigen Druckes usw. erfüllen. Derartige feuerfeste Wicklungen haben sich für Lasthebemagnete gut bewährt. Ferner hat die Gesellschaft eine besondere Tauchflüssigkeit in Verwendung, welche zur Verstärkung der Oxydhaut dient, die bekanntlich das Isolationsmittel bildet und ihrer Zusammensetzung nach nichts weiter als das bekannte Porzellan ist.

Von Interesse ist auch die Nachricht, daß die Gesellschaft für el. Industrie m. b. H., Berlin, den sog. Aldra-Draht auf den Markt bringt, welcher bei zwei miteinander verdrillten Drähten von etwa 1 m Länge den hohen Isolationswiderstand von nicht weniger als 1 Megohm aufweist. Als Isolationsmaterial dient hier ebenfalls Aluminiumoxyd in einer Schicht von nicht mehr als 0,005 bis 0,02 mm, welches nach besonderem Oxydationsverfahren aufgebracht wird.

Von der Westinghouse Co., London, wird der ursprüngliche Hopfeltsche Gedanke in der Form verwendet, daß Aluminiumfolie von nur 0,025 mm Dicke zwischen die blanken Kupferwindungen gelegt wird und durch Vermittlung ihrer Oxydhaut eine genügende Isolationsschicht bietet.

Von weiterem Interesse in diesem recht bemerkenswerten Artikel ist endlich noch das Verfahren des Heddernheimer Kupferwerkes, welches anorganische Stoffe zur Tränkung der Faserisolation verwendet und die Faser am Schlusse durch Wegbrennen beseitigt, so daß ebenfalls eine hitzebeständige Isolation übrigbleibt.

In diesem Zusammenhange ist eine Arbeit von Herrmanns[5]) erwähnenswert. Die Arbeit beschäftigt sich mit den Fortschritten bei der Verwendung von Lasthebemagneten und gibt praktische Beispiele solcher Magnete der Aktiengesellschaft Lauchhammer, welche mit Aluminiumspulen ausgerüstet sind, die in Glimmer eingepackt und mit einer Masse umgossen werden, welche die Eigenbewegung der Windungen infolge Temperatur

wechsels hindert. Bemerkenswert ist die praktische Angabe, daß bei einem Magnet von 1300 bis 1500 mm Durchmesser nicht weniger als 600 kg, entsprechend 30% des Gesamtgewichtes, durch Verwendung von Aluminium als Wickelmaterial erspart werden konnten. Von Wichtigkeit ist die nachfolgende Tabelle.

Durchmesser des Magnetgehäuses mm	Höhe des Gehäuses mm	Gewicht des Magnets kg	Stromverbrauch kW	Leistung der Magnete beim Heben von			
				Gußspänen kg	Masseln kg	Kernschrott kg	massiven Blöcken kg
750	230	400	1,5	200	280	200	4000
975	265	750	2,5	250	400	400	6000
1295	352	1700	6,5	500	700	650	20000
1510	260	1800	6,5	700	1000	750	20000

Die Tabelle zeigt, daß beim Heben massiver Blöcke, d. h. im günstigsten Falle, die Hubleistung etwa das zehnfache des Eigengewichtes betragen kann. Bei Gußspänen, also im ungünstigsten Falle, beträgt die Hubleistung nur etwa die Hälfte des eigenen Gewichtes. Es wird mit Recht die interessante Tatsache hervorgehoben, daß ohne die Verwendung von Lasthebemagneten heute eine wirtschaftliche Behandlung von Eisenabfällen, Schrott u. dgl. kaum denkbar sein würde.

Von Wichtigkeit ist auch die Beschreibung eines Laboratoriumselektromagnets von Weiß[6]), in welchem insbesondere die Kühlmethode von Be-, deutung ist. Als Wickelmaterial wird nicht massiver Draht verwendet sondern Kupferrohre, welche von Wasser durchflossen werden. Hierbei hat es sich als zulässig erwiesen, die Wasserdruckleitungen parallel zu schalten, während die Windungen selbst hintereinandergeschaltet werden. Der Laboratoriumsmagnet ist nach der Isthmusmethode ausgeführt, und mit ihm ist die bedeutungsvolle Entdeckung geliefert worden, daß eine Eisen-Kobaltlegierung, welche für die Polspitzen des Isthmus verwendet werden, eine um 10% höhere Sättigung zuläßt als reines Eisen. Ferner zeigt ein Versuch, daß auf diese Weise Sättigungen bis zu 55 170 erreicht werden konnten.

[1]) Schüler, ETZ 1913, S 611. — — [2]) Schiemann, El. Masch.-Bau 1913, S 11. — [3]) Wilson, Electrician (Ldn.), Bd 70, S 1052. — [4]) Duschnitz, ETZ 1913, S 1334. — [5]) Herrmanns, El. Masch.-Bau 1913, S 250. — [6]) ETZ 1913, S 1438.

Messungen an elektrischen Maschinen (Meßverfahren).

Von Dr.-Ing. W. Linke.

Wirkungsgrad. Die wesentlichen Arbeiten und Neuerungen auf dem Gebiete der Maschinenuntersuchung beschäftigen sich wie im Vorjahre wieder eingehend mit der direkten Bestimmung des Wirkungsgrades der elektrischen Maschinen, also mit der Ermittelung der Totalverluste. Es geht daraus hervor, daß die Ermittelung des Wirkungsgrades aus den Einzelverlusten nach der Leerlaufmethode, wobei die zusätzlichen Belastungsverluste nicht ermittelt werden können, noch immer als mangelhaft angesehen wird. Weitere Arbeiten verfolgen den Zweck, die Genauigkeit der Temperaturmessungen an Maschinen zu vervollkommnen und die Methoden der künstlichen Belastung auszubauen.

Eine neue Methode zur Bestimmung der Leerlaufverluste von Maschinen wird von Ytterberg[1]) angegeben. Um die Reibungs- und Eisenverluste einer elektrischen Maschine zu bestimmen, wird sehr oft die sog. Auslaufmethode verwendet. Ytterberg gibt ein Verfahren zur direkten Ablesung der Verzögerung

beim Auslaufversuch, das auch vor allem sämtliche eventuell vorhandenen Unregelmäßigkeiten in der Beschleunigungskurve genau zu ermitteln gestattet, während bei den früheren Methoden solche Unregelmäßigkeiten durch das zeichnerische Verfahren verwischt wurden. Eine kleine Dynamo von etwa $^1/_{20}$ kW wird mit der zu messenden Maschine gekuppelt. Mit der Dynamo wird über ein Amperemeter ein Kondensator verbunden und parallel dazu ein Voltmeter gelegt. Ist die nach dem Abschalten der Antriebskraft in den rotierenden Teilen der Maschine aufgespeicherte kinetische Energie

$$K = \frac{Q}{2} \cdot \omega^2,$$

wobei Q = Trägheitsmoment der rotierenden Teile, ω = Winkelgeschwindigkeit, so ist die Verlustleistung

$$\frac{dK}{dt} = \frac{Q}{2} \cdot 2\omega \cdot \frac{d\omega}{dt} = D\omega$$

oder das Verlustdrehmoment

$$D = Q \cdot \frac{d\omega}{dt}.$$

Wenn wir die Tourenzahl einführen, erhalten wir

$$D = \frac{\pi}{30} \cdot Q \cdot \frac{dn}{dt}.$$

Bei konstanter Erregung der Dynamo ist der Kondensatorstrom

$$i = k_1 \cdot C \cdot \frac{dn}{dt}$$

und die Verzögerung

$$\frac{dn}{dt} = k_1 \cdot \frac{i}{C}$$

woraus

$$D = k_2 \cdot \frac{Q}{C} \cdot i.$$

Die Konstante k_2 und das Trägheitsmoment lassen sich auf einfache Weise bestimmen. Die Methode läßt sich auch zur Messung von Tangentialdruckdiagrammen und der bei Pendelerscheinungen auf den Rotor einer Synchronmaschine wirkenden Drehmomente benutzen.

Robinson[2]) versucht, die zusätzlichen Verluste von Maschinensätzen bestimmter Typen aus der Messung der zugeführten und abgegebenen Leistung zu bestimmen, indem er den sich daraus ergebenden Wirkungsgrad mit dem aus Einzelverlusten festgestellten vergleicht. Aus einer großen Anzahl Messungen ergibt sich, daß der direkte Wirkungsgrad mit einer Genauigkeit von 0,2% zu ermitteln ist.

Olin[3]) ermittelt im Anschluß an seine vorjährige Arbeit wieder an einer weiteren Anzahl von Maschinen aller Gattungen den von ihm vorgeschlagenen Korrektionsfaktor zur Bestimmung des wahren Wirkungsgrades. Diesen Korrektionsfaktor, der die zusätzlichen Verluste bei Belastung berücksichtigt, multipliziert er, im Gegensatz zu seinem früheren Vorschlag, mit den Eisen- + Stromwärmeverlusten, da die zusätzlichen Verluste sowohl im Eisen als im Kupfer auftreten.

Chute & Bradshow[4]) diskutieren eingehend die bei der Messung von Wirkungsgraden elektrischer Maschinen möglichen Fehlerquellen. Sie kommen zu dem Resultat, daß die Bestimmung des Wirkungsgrades aus den Einzelverlusten die geringsten Fehlerquellen in sich birgt.

Leistung. Die Bestimmung des Wirkungsgrades von Motoren geschieht häufig direkt durch Messung der abgebremsten mechanischen Leistung. In neuerer Zeit findet die Methode der Bestimmung der Leistung durch Torsionsdynamometer gesteigerte Anwendung, nicht allein wegen der Bequemlichkeit ihrer Handhabung, sondern auch wegen der Genauigkeit der Resultate. Man ist

bemüht, die Genauigkeit der Messungen durch Verbesserung der Ablesevorrichtung immer mehr zu erhöhen.

So überträgt V i e w e g[5]) eine genaue Ablesevorrichtung mittels rotierenden Spiegels zur Ablesung einer umlaufenden Teilung, die von B r o d h u n bisher für die Zwecke der Photometrie angewandt wurde, auf solche Dynamometer, denen das Prinzip der Torsionsmessung während der Drehung zugrunde liegt. Für die Versuche wurde das von Gebrüder A m s l e r, Schaffhausen, gebaute Torsionsdynamometer verwendet. Bei diesem Dynamometer wird die Ablesung der Verschiebung der Endquerschnitte des eingespannten Meßstabes mittels zweier an den Enden des Stabes befestigter Scheiben, wovon die eine mit einem feinen radialen Schlitz, die andere mit einer beleuchteten Teilung versehen ist, stroboskopisch vorgenommen.

Die Brodhunsche Methode besteht darin, daß man einen rotierenden Spiegel, welcher gegen die Achse unter 45° geneigt und an der mit dem radialen Schlitz versehenen Scheibe angebracht ist, verwendet, und zwar in einem solchen Abstande von der Welle, daß das virtuelle Bild, welches von Nonius und Teilung entworfen wird, in die Rotationsachse fällt. Visiert man mit einem Fernrohr, welches senkrecht zur Rotationsachse gerichtet ist, oder mit dem bloßen Auge durch den Spiegel auf die Achse, so sieht man die Teilung mit dem Nonius.

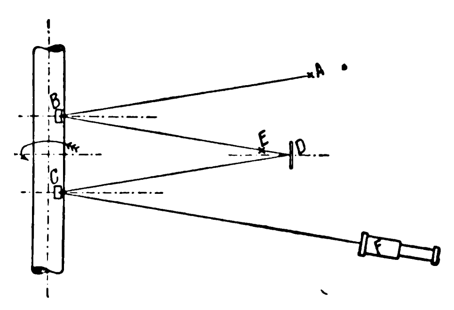


Abb. 17. Messung der Verdrehung einer Achse. (Aus ETZ 1913, S 702.)

Eine elektrische Ablesevorrichtung für derartige Dynamometer beschreibt B r o u g t h o n[6]). Diese besteht darin, daß am Ende der treibenden und getriebenen Welle je eine Scheibe aufgebracht wird, welche mit je einem schmalen Metallkontakt versehen sind, die über den Meßstab leitend miteinander verbunden sind. Auf den Scheiben schleift je eine Bürste, die über ein Galvanometer an einer Batterie liegen. Bei Stillstand zeigt das Galvanometer Ausschlag; bei Belastung gibt die Größe der Bürstenverschiebung, die nötig ist, um wieder Ausschlag zu erhalten, den Torsionswinkel. Die Genauigkeit hängt wesentlich von der Beschaffenheit der Kontakte ab.

Einen neuen Torsionsmesser mit optischer Ablesevorrichtung, der sehr genaue Messungen gestattet und sich besonders für schnellaufende Maschinen für beliebige Leistungen eignet, geben G ö r g e s & W e i d i g[7]) an. Zwischen Antriebs- und angetriebene Maschine wird auch hier ein Federstab gekuppelt, dessen Verdrehung gemessen wird. Das Prinzip der Verdrehungsmessung geht aus Abb. 17 hervor. Von einer Lichtquelle *A* wird durch den mit der Welle fest verbundenen Hohlspiegel *B* über den im Raume feststehenden Planspiegel *D* ein reelles Bild *E* entworfen, das über den mit der Welle fest verbundenen Planspiegel *C* durch das Fernrohr *F* beobachtet wird. Wählt man die Brennweite des Hohlspiegels *B* so, daß der Punkt *E* die Länge des Strahles *B* bis *C* in zwei annähernd gleiche Teile teilt, so sieht man im Fernrohr ein scharfes, stillstehendes Bild der Lichtquelle, unabhängig davon, ob und wie schnell die Welle rotiert. Werden die beiden Querschnitte, an denen die Spiegel *B* und *C* angebracht sind, gegeneinander verdreht, so verschiebt sich das Bild im Fernrohr. Durch Verschieben des Fernrohres oder der Lichtquelle kann es aber auf die alte Stelle gerückt werden, und aus der Verschiebung ist dann die Verdrehung der Welle leicht zu berechnen.

Erwärmung. Die Dauerprüfung elektrischer Maschinen hat für die Prüffelder der Fabrikbetriebe große Zeitverluste und Kosten im Gefolge. Man sucht daher die Prüfzeiten zu kürzen und die künstlichen Belastungsmethoden nach Möglichkeit in Anwendung zu bringen.

Die Prüfzeit läßt sich beispielsweise abkürzen, wenn man die Endtemperatur unter Verwertung der Tatsache, daß die Erwärmungskurve einer Exponentialfunktion folgt, mit Hilfe der experimentell ermittelten Zeitkonstanten bestimmt.

Cooper[8]) findet durch eine Anzahl Versuche, daß sich die maximale Temperaturzunahme mit größter Annäherung ergibt, wenn man die Zeitkonstanten T aus der Abkühlungskurve und die maximale Temperaturzunahme rechnerisch aus dem ersten Teil der aufgenommenen Erwärmungskurve mit Hilfe dieser Zeitkonstante T ermittelt. Die rechnerische Ermittelung der Maximaltemperatur fußt auf der für eine Exponentialkurve geltenden Beziehung, daß die Ordinate nach der Zeit T 63% der Maximalordinate beträgt.

Eine Anzahl Arbeiten, welche der Midwinter Convention des Am. Inst. of El. Eng. Februar 1913 vorgelegt wurden, verfolgen den Zweck, die Verwendbarkeit von Belastungsmethoden zu untersuchen, die geringere Kosten verursachen.

Collins & Holcombe[9]) und Newbury[10]) beschreiben die gebräuchlichsten künstlichen Belastungsmethoden an elektrischen Maschinen und unterziehen dieselben hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit für den Prüffeldbetrieb einer eingehenden Kritik.

Madden[11]) findet auf Grund von Versuchen für Einzeltransformatoren und Einphasentransformatoren die Methode des abwechselnden Leerlaufes bei erhöhter Spannung und des Kurzschlusses bei erhöhtem Strom derart, daß stets ungefähr die bei normaler Belastung auftretenden Verluste vorhanden sind, als künstliche Belastungsmethode für brauchbar.

Die genaue Bestimmung der in einer elektrischen Maschine auftretenden maximalen Temperaturzunahme bietet Schwierigkeiten, die in der schlechten Zugänglichkeit der wärmsten Stellen, in der Änderung der Raumtemperatur und in der Änderung der erreichten Endtemperatur während des Auslaufens begründet sind.

Diese Fragen wurden in einer Anzahl der Midwinter Convention vorgelegten Arbeiten genauer studiert.

Chubb, Chute & Oetting[12]) bestimmen die lokale Temperaturzunahme durch Ermittelung der Widerstandszunahme eingebauter Versuchsspulen von bekanntem Widerstandskoeffizienten. Diese Spulen, die an jeder beliebigen Stelle eingebaut werden können, gestatten sehr genaue Messungen, sind jedoch teuer und erfordern genaue Eichung der Meßapparate mit den Zuführungsleitungen.

Reist & Eden[13]) kommen auf Grund von Versuchen zu dem Ergebnis, daß sich für Wechselstromgeneratoren und -motoren die Bestimmung der Rotortemperatur aus der Widerstandszunahme nur dann empfiehlt, wenn Thermometer nicht angewendet werden können. Temperaturmessungen mittels besonders eingebauter Widerstandsspulen in die Wicklung halten sie für Maschinen über 6000 V für zweckmäßig. Besonders wichtig erscheint den Verfassern die Bestimmung der Raumtemperatur. Die Bestimmung der für die Temperaturzunahme einer Maschine maßgebenden Raumtemperatur wird schwierig, wenn die Raumtemperatur starken Veränderungen unterworfen ist. Es kommen dann Ungenauigkeiten in das Resultat, die in der Nichtübereinstimmung der Abkühlungskurven von Maschine und Thermometer ihre Ursache haben. Es wird daher empfohlen, die Thermometer mit Glaserkitt zu umkleiden oder in einem mit Öl gefüllten Stahlzylinder unterzubringen, derart, daß die Abkühlungskurven der Thermometer sich der der Maschine nähern.

Bei Öltransformatoren mit Wasserkühlung kann man verschiedener Meinung darüber sein, ob der Bestimmung der Temperaturzunahme die Raumtemperatur oder die des Kühlmittels zugrunde zu legen ist. Beide Methoden gestatten nicht, die absolute Temperaturzunahme im Transformator einwandfrei festzustellen.

Johannesen u. Wade[14]) machen den Vorschlag, in der Nähe des zu prüfenden Transformators einen unbelasteten Hilfstransformator desselben Typs aufzustellen, der der Einwirkung beider Kühlmittel unterworfen ist, um dessen Temperatur für die Temperaturzunahme des zu untersuchenden Transformators

zugrunde zu legen. Sie empfehlen ferner, falls zwei gleichzeitig zu prüfende Transformatoren desselben Typs zur Verfügung stehen, den warmen Widerstand nicht nach dem Abstellen zu messen, sondern mittels Gleichstroms aus Strom und Spannung bei eingeschalteter Last in der Weise, daß die Gleichstromquelle an Punkten gleichen Potentials angelegt wird.

Leistungsfaktor. Die genaue Bestimmung des Leistungsfaktors von Drehstrommotoren, deren Phasen trotz Gleichheit und Symmetrie der Netzspannung ungleichmäßige Belastung aufnehmen, stößt in der Praxis auf Schwierigkeiten. In diesen Fällen weichen die Leistungsfaktoren der drei Phasen zuweilen wesentlich voneinander ab, und die ihre Feststellung mittels dreier Wattmeter ist besonders bei Hochspannung wegen der großen Anzahl der Instrumente und der Notwendigkeit, einen künstlichen Nullpunkt zu schaffen, für die Praxis zu umständlich.

Sauvage[15]) gibt eine Methode an, die gestattet, nach der Zweiwattmetermethode die drei Leistungsfaktoren und den nicht gemessenen Phasenstrom (falls nur zwei Amperemeter zur Verfügung stehen) richtig zu bestimmen. Die Ableitung gründet sich auf die Bedingungen, daß die Summe der Phasenleistungen gleich der Gesamtleistung und die Summe der Momentanwerte i_1, i_2, $i_3 = 0$ sein muß.

Phase. Bei Synchronmaschinen ist der Phasenverschiebungswinkel zwischen der Klemmenspannung und der vom Magnetfeld induzierten EMK proportional der Leistung. Bei zwei gleichpoligen, parallel arbeitenden Maschinen, von denen die eine belastet, die andere im Leerlaufzustande ist, ist der räumliche Verschiebungswinkel zwischen den Rotoren gleich dem gesuchten zeitlichen Phasenverschiebungswinkel.

Tolwinski[16]) beschreibt eine stroboskopische Methode zur Messung dieses Winkels. In die Höhlung der Riemenscheibe der zu untersuchenden Maschine ist die Riemenscheibe eines synchron laufenden Hilfsmotors geschoben. Die geometrischen Achsen fallen zusammen. Im Zentrum der kleinen Scheibe ist eine Glühlampe angeordnet. In beiden Scheiben befinden sich zwei Spalte, welche sich bei Leerlauf der Maschinen decken. Beobachtet man die beiden Löcher mit einem Fernrohr, so wird sich bei Leerlauf ein Lichtspalt im Gesichtsfelde zeigen. Bei Belastung wird der drehbar angeordnete Stator des Hilfsmotors so lange gedreht, bis der Lichtpunkt wieder erscheint. Die Größe der Verschiebung ist meßbar und gibt ein Maß für den gesuchten Winkel.

Ungleichförmigkeit. Die bekannten Methoden zur Messung des Ungleichförmigkeitsgrades $\varepsilon = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{2\,\omega_{mittel}}$ (ω = Winkelgeschwindigkeit) genügen für Werte von ε bis zu $^1/_{100}$, sind jedoch für kleinere Werte (bis $^1/_{400}$) ungenau und umständlich.

Boucherot[17]) gibt eine Methode an, welche Ungleichförmigkeiten von $^1/_{1000}$ mit 10% Genauigkeit zu messen gestattet. Er mißt den Ungleichförmigkeitsgrad durch den vom Generator selbst erzeugten Strom mittels eines Galvanometers, dessen Eigenschwingungszahl etwa gleich der Frequenz des Wechselstromes ist und leicht verändert werden kann. Ist $F_p = F$, wobei F_p = Eigenschwingungszahl des Galvanometers, F = mittlere Frequenz des Stromes ist, so ist der Ausschlag des Galvanometers konstant. Wird $F_p = F\,(1 \pm \frac{1}{p})$ (p = Polpaarzahl) eingestellt, so ändert sich die Amplitude des Ausschlages mit den Schwankungen der Periodizität der Wechselstrommaschine. Aus dem Ausschlag des Galvanometers, wenn $F_p = F$, und dem kleinsten und größten Ausschlag bei $F_p = F.\ (1 \pm \frac{1}{p})$ läßt sich ε berechnen.

[1]) Ytterberg, ETZ 1912, S 1158. — [2]) Robinson, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 681—700. — [3]) Olin, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 523. — [4]) Chute u. Bradshaw, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 651. — [5]) Vie-

weg, Arch. El. Bd 2, S 49. — [6]) Broughton, Electrician (Ldn.) Bd 72, S 413. — [7]) Görges u. Weidig, ETZ 1913, S 701, 739. — [8]) Cooper, Electrician (Ldn) Bd 71, S 972. — [9]) Collins u. Holcombe, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 191. — [10]) Newbury, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 661. — [11]) Madden, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 325. — [12]) Chubb, Chute u. Oetting, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 585. — [13]) Reist u. Eden, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 227. — [14]) Johannesen u. Wade, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 255. — [15]) Sauvage, ETZ 1913, S 712. — [16]) Tolwinski, El. Masch.-Bau 1913, S 1004. — [17]) Boucherot, Bull. Soc. Belge El. 1912, S 376.

Betrieb elektrischer Maschinen.

Von Generalsekretär L. Schüler.

Regelung.

Regelung der Spannung und des Stroms. Die älteren selbsttätigen Spannungsregler erfüllten ihren Zweck nur unvollkommen, da sie zu langsam wirkten, und wurden deshalb nur selten verwendet; die nach dem Vorbild von Tirrill entwickelten Schnellregler erfreuen sich dagegen zunehmender Beliebtheit.

Eine zusammenfassende Darstellung der gebräuchlichsten Schnellreglersysteme gibt R. L. Morrison [1]). Er gibt Beschreibung, Schaltungsschema und eingehende Erläuterung der Wirkungsweise der Apparate von Tirrill, Taylor-Scotsen, Westinghouse, Thury und Brown, Boveri & Co. Ferner werden die Leistungen der Schnellregler und ihre Grenzen in einer Arbeit von Mc. Kenney [2]) behandelt; der Aufsatz behandelt auch die an die Stromerzeuger zwecks guter Wirkung der Schnellregler zu stellenden Bedingungen.

Ein neuer Schnellregler der Firma Brown, Boveri & Co. [3]) zeichnet sich dadurch aus, daß die den Reguliervorgang begrenzende Feder und die Dämpfungsvorrichtung erst zum Eingriff kommt, nachdem die Regelung bereits eingesetzt hat.

Schnellregler, die im Gegensatz zu den Reglern mit unveränderlichem Regulierwiderstand von Tirrill und seinen Nachfolgern, einen veränderlichen Regulierwiderstand besitzen, behandelt eine Arbeit von Robert Edler [4]). Der Verfasser beschreibt insbesondere einen Regler mit hydraulischem Servomotor, seine Wirkungsweise und Arbeitsbedingungen.

Zur Konstanthaltung der Spannung im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule zu Hannover verwendet C. Beckmann [5]) eine besondere Zusatzmaschine. Der Betriebsstrom wird von einer Straßenbahnleitung geliefert, deren Spannung zwischen 400 und 500 V schwankt; die Zusatzmaschine wird erregt durch die Differenz einer konstanten Spannung (besondere Erregermaschine) und der zu regelnden Spannung, wodurch das gewünschte Resultat in recht vollkommenem Maße erzielt wird. Um gleichbleibende Drehzahl der Zusatz- und Erregermaschine zu erreichen, werden diese von einem Synchronmotor angetrieben, der aus einem unabhängigen Drehstromnetz gespeist wird.

Um bei Spannungsregelung mittels Stufentransformators bei Übergang von einer Stufe zur anderen Funkenbildung und Kurzschlußströme zu vermeiden, verwenden die Siemens-Schuckertwerke [6]) eine dreischenklige Drosselspule; jeder Schenkel trägt eine Spule, und es wird je ein Ende der Spulen an die Anzapfungen 1, 2, 3 des Transformators gelegt, während die drei anderen Enden miteinander verbunden sind. An dem Verbindungspunkt wird der zu regelnde Stromkreis angeschlossen. Die Spannungsregelung erfolgt dann in der Weise, daß das Ende der Drosselspule 1 von der Anzapfung 1 gelöst und an die Anzapfung 4 gelegt wird, weiter wird dann Drosselspule 2 an Anzapfung 5 gelegt und so fort. Es wird jedesmal nur ein Drittel des Gesamtstromes geschaltet, so daß die Funkenbildung gering ist.

Regelung der Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeitsregelung von Gleichstrommotoren wird meist durch Veränderung der Feldstärke herbeigeführt. Bei sehr großem Regulierbereich (etwa mehr als 1 : 5) führt dies System jedoch zu unökonomisch großen Abmessungen der Motoren, und es wird dann zweckmäßiger die Regelung der Drehzahl durch Änderung der Ankerspannung bewirkt. Eine hierzu dienende Anordnung ist unter der Bezeichnung „Paragon-System" bekannt geworden[7]). Sie besteht aus einem Hauptgenerator, der eine Spannung von 50 V erzeugt und 3 Zusatzmaschinen mit je 2 Kommutatoren, wobei jeder Kommutator ebenfalls 50 V abgibt. Aus diesen Maschinen wird ein Mehrleitersystem gebildet, in dem die Spannungen 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 V zur Verfügung stehen. Durch Anlegung des Ankers der Motoren an irgendeine dieser Spannungen ergibt sich die Drehzahlregelung.

Für die Drehzahlregelung ganz kleiner Gleichstrom-Hauptstrommotoren mittels Vorschaltwiderstand gibt H. Barkhausen eine neue Schaltung an[8]). Der Widerstand wird mit einem Ende an die Speiseleitung, mit dem anderen Ende an den Verbindungspunkt von Magnetwicklung und Anker gelegt. Das andere Ende der Magnetwicklung liegt an der zweiten Speiseleitung, und der andere Pol des Ankers ist mit einem Schieber verbunden, der auf dem Widerstand gleitet. Die Feldwicklung wird hierbei stets durch den vom Widerstand aufgenommenen Strom durchflossen, und die Drehzahl kann, je nach der Schieberstellung, von 0 bis zum Maximum geregelt werden.

Die Drehzahlregelung von Induktionsmotoren mittels Polumschaltung wird von jeher von der Maschinenfabrik Oerlikon als Spezialität gepflegt. In „Elektrotechnik und Maschinenbau" (Wien)[9]) findet sich ein ausführlicher Artikel, der neuere Ausführungen solcher Motoren beschreibt. Es werden genaue Angaben über die Ausführung der Wicklungen, Polumschalter usw. gemacht.

In einer Arbeit von H. Meyer-Delius über „Kreisdiagramme für Kaskadenschaltungen von Mehrphasen-Induktionsmotoren mit Kollektormaschinen"[10]) ist das Verhalten der Regulieraggregate nach Krämer und Scherbius an Hand von Diagrammen erläutert. Das gleiche Problem behandelt ausführlicher ein Aufsatz von F. W. Meyer: „Relativ-synchrone Regulierbetriebe"[11]).

Die Aufgabe, beim Anlassen oder beim Regeln der Drehzahl einer Maschine eine ganz bestimmte Beschleunigung zu erzielen, lösen die Siemens-Schuckertwerke in eigenartiger Weise[12]); von der Welle der zu regelnden Maschine wird eine kleine, konstant erregte Gleichstromdynamo angetrieben, an deren Klemmen ein Kondensator angeschlossen ist. Der in diesen Kondensator fließende Strom ist stets proportional der Geschwindigkeitsänderung; er wird zur Betätigung eines Relais benutzt, das unter Zuhilfenahme eines Servomotors den Beschleunigungsvorgang beeinflußt.

Als Drehzahlregelung ist auch die Verhütung unzulässig hoher Drehzahlen zu betrachten. Vorrichtungen zu diesem Zweck sind besonders bei Umformern notwendig, da deren mögliche Drehzahl (bei Gleichstrom) nur durch die Luft- und Lagerreibung begrenzt ist. Im Electric Railway Journal[13]) findet sich die Beschreibung eines neuen Zentrifugalausschalters der Westinghouse Co.

Regelung der Belastung. Die Regelung der Belastung bezweckt in den meisten Fällen, die Belastung einer Stromerzeugungsanlage trotz wechselnden Energieverbrauchs annähernd konstant zu erhalten. Wird zu diesem Zweck eine Pufferbatterie benutzt, so müssen besondere Zusatzmaschinen zur Anwendung kommen, um die Batterie zur Hergabe oder Aufnahme der nötigen Energiemengen zu veranlassen. Eine zusammenfassende Darstellung der hierfür benutzten Maschinen und Schaltungen gibt eine ausführliche Arbeit von Ch. Vallet[14]).

Ein „Graphisches Verfahren zur wirtschaftlichen Verteilung der Leistung von Pufferbetrieben auf Maschinen und Akkumulatorenbatterien"

wird von H. Huldschiner angegeben[15]). Das Verfahren dient besonders zur zweckmäßigen Bestimmung der erforderlichen Leistung von Maschinen und Batterie.

Regelung des Leistungsfaktors. Zur Verbesserung des Leistungsfaktors von Induktionsmotoren sind verschiedene interessante Vorschläge gemacht worden. In einer Arbeit von Gisbert Kapp: „Über Verbesserung des Leistungsfaktors"[16]) zeigt der Autor zunächst, in welchen Fällen es empfehlenswert und ökonomisch ist, den Leistungsfaktor eines Motors durch besondere Maßnahmen zu verbessern; er beschreibt die hierfür zur Verfügung stehenden Mittel: Parallelschaltung eines Synchronmotors, Kondensator, Kaskadenschaltung eines Kommutatormotors, sowie besonders den Kappschen Vibrator. Der Autor beschreibt dann die Konstruktion und Wirkungsweise dieses Apparates und entwickelt ein Kreisdiagramm zur Bestimmung des primären Stromvektors und des Phasenwinkels bei Anwendung des Vibrators. Zum Schluß werden Versuchsdaten und praktische Ergebnisse angeführt.

Einen Vortrag über „Die Verbesserung des Leistungsfaktors in Wechselstromanlagen" hielt M. Walker in Birmingham[17]); er beschrieb besonders die von ihm angegebene Anordnung, wobei die Rotorströme des Induktionsmotors in einen Drehstrom-Reihenmotor geleitet werden. Ähnliche Schaltungen werden bekanntlich auch von Krämer und Scherbius benutzt, und zwar hauptsächlich zum Zweck der Drehzahlregelung, wobei die Verbesserung des Leistungsfaktors gewissermaßen als Nebenprodukt auftritt. Die Walkersche Anordnung bezweckt ausschließlich die Verbesserung des Leistungsfaktors und erreicht diese in besonders vollkommener Weise durch eine besondere Schaltung der Erregerwicklungen des Drehstromkommutatormotors. Die Leistung des letzteren braucht nur 3—6% der Leistung des Hauptmotors zu betragen, um vollkommene Kompensierung herbeizuführen.

In der Diskussion wurde der Walkersche Kompensator einem Kondensator gegenübergestellt; nach den aufgestellten Berechnungen sollen sich die Gesamtkosten bei diesen billiger stellen, wobei die Anschaffungskosten des Kondensators zu 56 M für 1 kVA angenommen wurden.

Die Befürwortung der Einführung solcher Phasenregler blieb übrigens nicht unwidersprochen; es wurde die Frage aufgeworfen, ob der erzielte Nutzen die größere Komplikation der Anlage rechtfertigt. Besonders wurde von P. S. Smith[18]) darauf hingewiesen, daß eine auf den Betrieb mit Phasenreglern zugeschnittene Anlage bei einem Defekt des Phasenreglers ernstlich gefährdet wird.

Auch Scherbius hat seiner ursprünglich im wesentlichen zur Drehzahlregelung bestimmten Anordnung einen Apparat zur Seite gestellt, der ausschließlich die Kompensation der Phasenverschiebung bezweckt[19]). Der Apparat besteht aus einem Trommelanker mit Kommutator, dessen Eisenrückschluß mit rotiert, so daß kein Stator vorhanden ist; durch einfache Einleitung der Rotorströme des Induktionsmotors in die Bürsten des Phasenreglers erzeugt dieser den zur Kompensierung des Hauptmotors erforderlichen Erregerstrom. Die Arbeitsweise wird an Hand von Diagrammen beschrieben. Versuchsresultate über Anwendungen des Scherbius'schen Phasenkompensators finden sich ferner in einer Arbeit von G. H. Hardley-Wilmot.[20])

In einem ausführlichen Aufsatz „Phase Compensation" von Val. A. Fynn[21]) wird die Entstehung und der Einfluß der Phasenverschiebung auf die Stromerzeuger allgemein behandelt; dann werden die zur Vermeidung der Phasenverschiebung zur Verfügung stehenden Mittel, besonders kompensierte Motoren, beschrieben.

In einer Arbeit von I. C. Parker[22]) wird darauf hingewiesen, daß eine wesentliche Verbesserung des Leistungsfaktors von Elektrizitätswerken auch ohne besondere Hilfsmittel herbeigeführt werden kann, nämlich durch ausgedehntere Anwendung von Synchronmotoren. Zu diesem Zweck muß natürlich der Tarif des Werks so eingerichtet werden, daß der Konsument an der Be-

nutzung von Synchronmotoren ein Interesse gewinnt. Es werden besonders geeignete Anwendungsgebiete von Synchronmotoren beschrieben.

Parallelbetrieb. Zur Frage des Parallelbetriebs von Wechselstrommaschinen liefert ein Vortrag von A. R. Everest [23]) wertvolle Beiträge. Everest baut seine Arbeit auf früheren Veröffentlichungen auf, die er miteinander und mit von ihm gefundenen Versuchsergebnissen vergleicht. Besonders eingehend behandelt er den Einfluß der Polform, der Belastung und den Parallelbetrieb ungleicher Maschinen. In der Diskussion ist besonders der Beitrag von E. Rosenberg bemerkenswert.

Eine ähnliche zusammenfassende und vergleichende Arbeit über Parallelbetrieb ist von C. Feldmann und W. Nobel veröffentlicht worden[24]).

Eine ausführliche Arbeit von Boucherot, „Amortissement et amortisseurs des alternateurs"[25]) bezweckt die zur Verbesserung des Parallelbetriebs häufig benutzte Leblancsche Dämpferwicklung systematisch zu berechnen. Die entwickelten Formeln dienen sowohl zur Bestimmung des Dämpfungsfaktors als auch zur Berechnung des Einflusses der Dämpferwicklung auf die Eigenschwingungszeit der Maschine. Nach Boucherot ist die Wirkung der üblichen Ausführungsform von Dämpferwicklungen nur ein Bruchteil der theoretisch erreichbaren Dämpfung.

[1]) Morrison, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 811. — [2]) Mc Kenney, El. World Bd 60, S 996. — [3]) Helios 1913, S 183. — [4]) Edler, ETZ 1913, S 528. — [5]) C. Beckmann, ETZ 1913, S 376. — [6]) Helios 1913, S 2051. — [7]) Electrician (Ldn.) Bd 70, S 108. — [8]) Barkhausen, Phys. Z. 1912, S 1131. — [9]) El. Masch.-Bau 1913, Anhang S 433. — [10]) Meyer-Delius, ETZ 1913, S 496. — [11]) F. W. Meyer, ETZ 1913, S 903. — [12]) Helios 1913, S 1918. — [13]) El. Railway Journal Bd 39, S 512. — [14]) Vallet, Electricien (Paris) Bd 45, S 37. — [15]) Huldschiner, El. Kraftbetr. 1913, S 96. — [16]) Kapp, ETZ 1913, S 931. — [17]) M. Walker, J. Inst. El. Eng. Bd 50, S 329. — [18]) P. S. Smith, Electrician (Ldn.) Bd 70, S 771. — [19]) Scherbius, ETZ 1912, S 1079. — [20]) Hardley-Wilmot, Electrician (Ldn) Bd 72, S 327. — [21]) Fynn, El. World Bd 62, S 28. — [22]) Parker, Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1253. — [23]) Everest, J. Inst. El. Eng. Bd 50, S 520. — [24]) Feldmann u. Nobel, Archiv El. Bd 1, S 291. — [25]) Boucherot, Lum. él. Bd 24, S 166.

Ein- und Ausschalten (Verfahren).

Stromerzeuger. Die selbsttätige Parallelschaltung von Wechselstrommaschinen behandelt eine sehr ausführliche Arbeit von J. Schmidt, Nürnberg[1]). Es werden die bisher bestehenden Systeme verglichen und besonders eingehend das „System Vogelsang" der Firma Voigt & Haeffner behandelt. In einer Arbeit von R. Krause [2]) wird u. a. ein selbsttätiger Parallelschalter von Westinghouse beschrieben.

Motoren und Umformer. Das Anlassen von Synchronmotoren und Einankerumformern behandelt Rosenberg in einem vor der Institution of Electrical Engineers [3]) gehaltenen Vortrag. Das gebräuchlichste Anlaßverfahren besteht darin, daß die Motoren als Induktionsmotoren infolge der in den Polschuhen oder besonderen Käfigwicklungen induzierten Kurzschlußströme anlaufen; es kommt dann darauf an, daß sie bei dieser Betriebsart eine genügend hohe Drehzahl erreichen, um in den Synchronismus hineingezogen zu werden. Rosenberg behandelt ausführlich die hierfür maßgeblichen Bedingungen. Er geht dann zum Anlassen mittels Anwurfmotor über und beschreibt eine von ihm hierfür ausgearbeitete Schaltung zum Anlassen von Einankerumformer. Der Anwurfmotor wird hierbei mit der Wechselstromseite des Umformers in Reihe geschaltet, der Erregerstromkreis bleibt während des Anlassens geschlossen, so daß der Umformer sich selbst erregt. Wenn die normale Drehzahl durch den Anwurfmotor herbeigeführt ist, fällt der Umformer von

selbst in Synchronismus, und der Anwurfmotor kann dann kurzgeschlossen werden.

Das Anlassen von Kaskadenumformern behandelt R. J. Jensen[4]; er zeigt an Hand von Diagrammen, daß die Ankerrückwirkung des Einankerumformers die Synchronisierung erschwert, wenn, wie üblich, ein Anlaßwiderstand benutzt wird. Bei Verwendung von Anlaßdrosselspulen kann die Synchronisierung wesentlich erleichtert und bei kleineren Maschinen selbsttätig werden.

Für das Anlassen von Gleichstrommotoren ist Ward Leonard ein außerordentlich umfassendes amerikanisches Patent. (Nr. 1 064 749) erteilt worden[5]; das Patent deckt das besonders bei Aufzugmotoren häufig benutzte Verfahren, wobei das allmähliche Kurzschließen des Anlaßwiderstands durch die steigende Klemmenspannung des Motorankers herbeigeführt wird. Die Patentanmeldung datiert vom Jahre 1904, die Erteilung erfolgte am 17. Juni 1913.

[1]) J Schmidt, Schweiz. El. Z. 1913, S 217. — [2]) Krause, Schweiz. El. Z. 1913, S 493. — [3]) Rosenberg, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 9. — [4]) Jensen, ETZ 1913, S 382. — [5]) El. World Bd 62, S 318.

Anlaßapparate, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Anlaßapparate. Die zahlreichen Veröffentlichungen auf diesem Gebiete bringen nur sehr wenig tatsächlich Neues. Meistens handelt es sich um längst bekannte Konstruktionen, die neu aufgenommen sind oder für bedeutend gehalten werden, obwohl sie seit Jahren bekannt sind. Dies gilt z. B. von den vielen Veröffentlichungen über Schützensteuerungen für Gleich- und Drehstrom. Es sei daran erinnert, daß derartige Steuerungen im Bahnbetrieb für Leistungen bis 1500 kW von fast allen in- und ausländischen Großfirmen ausgeführt werden; ferner an die Leistungsregler für Ilgneranlagen bei Förder- und Walzwerksanlagen, die bis zu 2000 kW Leistung seit Jahren dauernd im Betrieb sind. So findet man heute noch in der Literatur Angaben über neue Flüssigkeitsreversieranlasser, die genau übereinstimmen mit den von der A E G ebenfalls seit Jahren angewandten Steuerapparaten für Drehstromförderanlagen. Betrachtet man noch die Schützensteuerungen für Blockrollgänge oder für die direkt umsteuernden Hobelmaschinenantriebe, die bei Leistungen von mehr als 100 kW bis zu 20 mal in der Minute umsteuern, so kommen die meisten Veröffentlichungen hierüber weder als neu noch als bedeutend in Betracht.

Als Fortschritt aber muß betrachtet werden, daß diese für so hohe Leistungen bewährten Apparate eine steigende Verwendung auch für kleinere Anlagen finden, und zwar trotz ihres höheren Preises wegen ihrer hohen Betriebssicherheit.

Für Minenbetriebe kommen fast nur noch ganz geschlossene Formen in Gußeisengehäusen zur Verwendung; z. B. zeigt eine sehr originelle Form der Schaltwalzenanlaßer die El. Apparatus Co.[1]) für Schleifringmotoren, deren Kontakte unter Öl liegen, während die Widerstände Luftkühlung haben. Einen Sterndreieckschalter der Motor-Switchgear Cowans Ltd.[2]) findet man ebendaselbst. Er schaltet beim Anlassen automatisch von der Sternschaltung in die Laufschaltung über, ist vollständig in ein gußeisernes Gehäuse eingebaut, das zugleich die Kabelstutzen für die zu- und abführenden Leitungen trägt.

Einen Steuerschalter mit Grenzsicherheitsschaltung der British Thomson Houston Co. ist beschrieben in Electrician[3]). Bekanntlich wird bei den normalen Grenzschaltungen der Strom in der Fahrtrichtung unterbrochen, wenn der Kran sich seinen Endstellungen nähert. Bei den heutigen schnellfahrenden Kranen geht daher ein großer Teil der Kranbahn, der für den Auslaufweg des mit voller Geschwindigkeit fahrenden Kranes genügen muß, verloren. Um dieses zu vermeiden, werden zwei Grenzschalter verwendet, von denen der eine nur die Geschwindigkeit innerhalb der Gefahrzone ver-

ringert, während der zweite erst am Ende der Fahrbahn den Strom unterbricht.

Eine eifrige Förderung läßt die Allen Bradley Co., Milwaukee[4]), den Widerständen aus Kohlendruckplatten angedeihen. Ein solcher Anlasser wurde für die Leistung von 75 kW gebaut. Sein Widerstand ändert sich, sobald mit dem Anlaßhebel ein Druck ausgeübt wird, im Verhältnis von 100: 1. Erwähnt wird ferner noch ein gleicher Anlasser für Wechselstrommotoren[5]) und ein Regulator[6]).

Unter den Schützenselbstanlassern ist durch seine geschickte konstruktive Anordnung bemerkenswert der Anlasser der El. Control Ltd. of Bridgetown[7]). Er gehört zu einer hydraulischen Pumpenanlage, angetrieben durch zwei Drehstrommotoren zu 200 kW bei 440 V Stator- und ungefähr der gleichen Rotorspannung. Er schaltet bis zu zweimal in der Minute bei einem Anlaufstrom von 900 A. Um den gleichen Schaltertyp für Stator, die Rotoranlauf- und Kurschlußkontakte zu erhalten, wurde das Schütz doppelpolig für 500A auf den Pol ausgeführt. Für den Stator wurden drei solche Schütze, deren Bürsten parallel geschaltet wurden, verwendet, für den Rotorkurzschluß je zwei Schütze, für die vier Anlaufkontakte jedoch nur vier Stück zweipolig für jede Stufe angeschlossen.

Neuere Veröffentlichungen über die Variatoranlasser von Kallman bringen die A E G[8]) und Kwayser[9]). Letztere Firma verwendet sie neuerdings für Zentrifugen, wo ihre Vorzüge vor anderen Anlassern recht augenscheinlich sind.

Über Berechnung und Dimensionierung von Anlassern findet sich eine ausgezeichnete Arbeit, welche aus dem Taschenbuch von Rziha und Seidener entnommen ist, in der E T Z[10]). Sehr richtig, aber nicht allgemein bekannt sind die Bemerkungen über die falsche Anwendung von sog. Halblastanlassern zum Anlassen von Zentrifugalpumpen und Ventilatoren, bei dem Stromstöße bis zum 3,6 fachen der Halblast auftreten können. Es folgt eine Berechnung über die Verteilung des Widerstandsmaterials und die Erwärmungs- und Abkühlungskurven, und es wird der Schluß gezogen, daß diese zur Beurteilung des Widerstandes unter allen Umständen auch für intermittierende Betriebe ausreichen.

Belastungswiderstände. Einen praktischen Belastungswiderstand für das Brighton Technical College beschreibt H. H. Broughton[11]). Er besteht aus Einzelrahmen mit Drahtspiralen und Drahtnetzen, die durch Stöpselkontakte beliebig schaltbar zu einem Kasten vereinigt sind.

Widerstandsmaterial. Als neues Widerstandsmaterial kommen immer mehr die Chromnickellegierungen zur Verwendung. Sie besitzen einen hohen spezifischen Widerstand, werden von Säuren und feuchter Luft nur wenig angegriffen und vertragen dauernd hohe Temperaturen.

Über den Nichromdraht, unter dem Namen Resistor der Driver Harris Co. in den Handel kommend, hielt C. P. Madsen[12]), Chicago, einen Vortrag, dem zahlreiche Daten über Belastungsfähigkeit zu entnehmen sind. In Deutschland verwendet die Firma Schniewindt[13]) eine ähnliche Legierung wie Chromnickeldraht, die einen spez. Widerstand von 1,21, eine Schmelztemperatur von 1370° und eine Festigkeit von 9070 kg/cm² besitzt.

Ganz neu und in seinen vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten noch nicht übersehbar ist das Widerstandsmaterial Silit, das nach den Patenten von Egly von den Gebr. Siemens hergestellt wird. K. Perlewitz[14]) beschreibt dessen Herstellung und die Verwendungsgebiete sehr ausführlich, und dieser Aufsatz wird entsprechend seiner Bedeutung in allen größeren Fachzeitschriften erwähnt.

Das Silit besteht aus Siliziumkarbid, das nach Hinzufügung von reinem Silizium und einem verkohlbaren Bindemittel in beliebige Formen gepreßt und geglüht wird. Es ist berufen, die Zwischenstufe zwischen dem metallischen Widerstandsmaterial und den Isolationsmaterialien auszufüllen. Sein Hauptanwendungsgebiet liegt überall da, wo bei großer Spannung entweder kleine Ströme dauernd fließen, wie bei Regulatoren, oder große Ströme kurzzeitig,

wie bei Entladungswiderständen von Blitzableitern, Vorschaltkontakten von Hochspannungsschaltern oder für induktionsfreie Widerstände bei Magnetausschaltern. Aber auch als Material für elektrische Koch- und Heizapparate, besonders für elektrische Glühöfen, ist es vorzüglich geeignet, wie die verschiedenen Abbildungen zeigen. Bemerkt sei noch, daß Silit auch wegen seiner hohen Hitzebeständigkeit (es verträgt bis zu 1200° dauernd), mit sehr hohem spez. Widerstand hergestellt, als Ersatz für Quarzgefäße dienen kann.

[1]) El. Rev. (Ldn) Bd 73, S 93. — [2]) El. Rev. (Ldn) Bd 73, S 91. — [3]) Electrician (Ldn) Bd 70, S 487 — [4]) El. World Bd 60, S 1059. — [5]) El. World Bd 60, S 1224. — [6]) El. World Bd 60, S 1224. — [7]) El. World Bd 61, S 1003. — [8]) A-E-G-Ztg. Jg 16, Nr. 5, S 13. — [9]) Kwayser, El. Kraftbetr. Bd 13, S 456. — [10]) ETZ 1913, S 1254. — [11]) Broughton, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 776. — [12]) Madsen, El. World Bd 60, S 1098. — [13]) Schniewindt, Helios Exp 1913, S 1252; El. Masch.-Bau 1913, S 375. — [14]) Perlewitz, ETZ 1913, S 263; El. Kraftbetr. 1913, S 376; El. Rev. (Ldn) Bd 73, S 194. —

III. Verteilung und Leitung.

Berechnung der Leitungsnetze, Verteilung und Regulierung. Von Ingenieur B. Soschinski, Berlin. — Beschaffenheit und Herstellung der Leitungsdrähte und Kabel. Von Dr. Rich. Apt, Berlin. — Verlegung der Leitungen, Installationsmaterial; Schaltanlagen und Schalter. Von Oberingenieur Alfr. Hermanni, Berlin. — Überspannung. Störungen. Gefahren. Korona. Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen, Darmstadt.

Berechnung der Leitungsnetze; Verteilung und Regulierung; Kontrolle, Leitungsschutz, Erdung.

Von Ingenieur B. Soschinski.

Berechnung der Leitungsnetze. Entsprechend der hohen Entwicklungsstufe, die die Theorie der Leitungsberechnung erreicht hat, sind Arbeiten, die eine Weiterentwicklung bedeuten, im Berichtsjahre nicht zu verzeichnen. Dagegen findet sich eine Anzahl von Aufsätzen, die Spezialfälle darstellen oder kritische und historische Gesichtspunkte behandeln. H. Frohmann[1]) leitet Formeln für die äquipotentielle Verlegung von Lasten auf beliebige Punkte des Netzes ab und zeigt an einem einfachen Beispiel, wie diese Verlegung in Verbindung mit der Frickschen Methode der widerstandstreuen Netzumwandlung verwendet werden kann, um die Aufstellung und Lösung der Netzgleichungen zu umgehen. J. Herzog[2]) bringt historische und kritische Betrachtungen über die bekannte Schnittmethode und die Methode der widerstandstreuen Netzumbildung sowie einen historischen Überblick über die ersten Anfänge der Leitungsberechnung bis auf den Anfang der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts. B. Crocker[3]) und N. Gottlieb[4]) behandeln gleichfalls Spezialfälle, und zwar gibt Crocker eine kurze, nicht gerade sehr übersichtliche Beschreibung der bekannten Berechnungsmethoden, wobei er seltsamerweise die Maxwellsche Maschenmethode, die bekanntlich für die Berechnung von Verteilungsnetzen nicht allgemein verwendbar ist, voranstellt und ausführlicher behandelt und sodann auf die Schnittmethode eingeht. Beide behaupten, daß Netzberechnungen zu den schwierigsten Aufgaben gehören und ganz besondere Anforderungen an die Geschicklichkeit des entwerfenden Ingenieurs stellen. Daraus wird aber sonderbarerweise die Folgerung gezogen, man brauche überhaupt ein Netz nicht zu berechnen, sondern habe die Querschnitte und Stromverteilung „gefühlsweise" zu bestimmen. Dies geschah früher auch — besonders in ausländischen Unternehmungen —, aber offenbar nicht gerade zum Vorteil der Spannungsregelung und der Netzkosten, und wenn man der Darstellung Gottliebs und Crockers glauben will, ist diese „Gefühlsmethode" auch heute noch bei englischen und amerikanischen

Ingenieuren allgemein, wobei allerdings vergessen wird, anzugeben, wie sich diese Ingenieure eigentlich die bei ihnen vorausgesetzte Geschicklichkeit erwerben können, wenn sie doch nicht ihre Netze berechnen. Auch die Beschreibung eines neuen mechanischen Hilfsapparates zur Berechnung elektrischer Leitungsnetze von K. Fuchs[5]) ist zu erwähnen, sowie die eines neuen Rechenschiebers zur raschen Berechnung und Veranschlagung elektrischer Leitungen von E. Besser[6]).

Die Berechnung sehr langer Hochspannungsleitungen erfordert in einzelnen Fällen die Anwendung der Hyperbelfunktionen, vor denen in Ingenieurkreisen immer noch eine unberechtigte Scheu herrscht. A. E. Kennelly[7]) behandelt in einem Vortrage die Anwendung dieser Funktionen bei der Berechnung elektrischer Energieübertragungen und macht darauf aufmerksam, daß bei den bisher in Frage kommenden Längen zwar für normale Fälle die Anwendung hyperbolischer Funktionen nicht nötig ist, daß dagegen diese Notwendigkeit stets dann vorhanden ist, wenn es sich um die Berechnung der Wirkung höherer Harmonischer handelt.

Der vereinfachten Berechnung des Spannungsverlustes in langen Hochspannungsfreileitungen widmet sich eine ganze Reihe von Arbeiten. N. Forssblad[8]) geht von der Voraussetzung aus, daß für die Dimensionierung der Leiter nicht der Spannungsabfall bei Vollast, sondern die Spannungsänderung am Leitungsende zwischen Leerlauf und Vollast maßgebend ist. Die Spannungserhöhung infolge Leiterkapazität kann daher vernachlässigt werden, da sie bei allen Belastungen konstant, also auf die Spannungsänderung ohne Einfluß ist. Auch K. Meller[9]) untersucht die Spannungsschwankungen von Hochspannungsleitungen bei Veränderung der Belastung, des Leistungsfaktors und der Frequenz unter Berücksichtigung der Linienkapazität. Der Einwurf G. W. Meyers[10]), [11]), die Spannungserhöhung infolge der Leiterkapazität sei zu hoch, um vernachlässigt werden zu können, wird von Meller[11]) unter Hinweis auf die Unzuverlässigkeit der geschätzten Angaben für die Spannungserhöhung und die Unabhängigkeit dieses Teils des Spannungsabfalls von der Belastung zurückgewiesen. Allerdings klafft zwischen Rechnung und Messung ein gewaltiger, unaufgeklärter Widerspruch. M. F. Waern und M. E. W. Peek[12]) entwickeln unter Verwendung von Hyperbelfunktionen die bekannten Formeln für Spannung und Strom am Anfang und Ende der Linie: $E = E_0\left((1 + \frac{Z\,Y}{2}\right) - Z\,J_0\left(1 + \frac{Z\,Y}{6}\right)$ und $J = J_0\left(1 + \frac{Z\,Y}{2}\right) - Y E_0\left(1 + \frac{Z\,Y}{6}\right)$. M. J. Eichhorn[13]) gibt eine Reihe von graphischen Tafeln für die Ermittlung des ohmschen und induktiven Spannungsabfalls in Abhängigkeit von den verschiedenen Ausgangsgrößen: Spannung, Strom, Leistungsfaktor, Leitungslänge usw. Abgesehen davon, daß das zugrunde gelegte englische Maßsystem die Benutzung dieser Tafeln für uns erschwert, ist wohl dem deutschen Ingenieur eine solche mehr mechanische Lösung derartiger Rechnungsaufgaben nur wenig sympathisch.

Neue Berechnungen der Kapazität und Induktivität von Drehstromdoppelleitungen bringen C. Feldmann und A. C. Loos[14]), G. P. Markovitch[15]). Auch C. A. Pierce und F. J. Adams[16]) behandeln die Berechnung der Kapazität von Freileitungen und Kabeln, während L. Cohen[17]) vorschlägt, behufs Vergrößerung der Kapazität und Verkleinerung der Induktivität die Querschnitte der Freileitungen in mehrere parallel geschaltete Linien zu zerlegen, und die dafür geltenden Formeln entwickelt.

Die Berechnung der wirtschaftlichen Größen von Fernleitungen wird von R. Boye[18]) und G. Mattausch[19]) an Hand von Beispielen behandelt, ohne daß neue Punkte des Problems zutage gefördert werden.

Einen Vergleich der Anlagekosten von unterirdischen Hochspannungskabeln mit Freileitungen gibt Soleri[20]) in einem Vortrag über die Grenzen der Anwendung von Hochspannungskabeln vor dem Internationalen Kongreß für angewandte Elektrizität, Turin, November 1911 (Vincenzo Bona, Turin 1912,

54 Seiten). Er kommt zu dem Ergebnis, daß bis 42 kV verkettete Spannung verseilte, darüber hinaus bis 60 kV gegen Erde Einfachkabel verwendbar seien, und bei größeren Querschnitten, also bei großen Leistungen, mit Erfolg in Wettbewerb mit Freileitungen treten könnten, da bei Verwendung von Einfachkabeln durch Verlegung nur eines Kabels eine Reserve für die ganze Kabellinie geschaffen werden könne, bei Drehstromübertragungen also die Verlegung von vier Kabeln genüge, während bei Freileitungen erst die Anlage zweier getrennter Linien die erwünschte Reserve schaffe.

Statische Berechnung der Freileitungen. Infolge der immer größeren Ausdehnung der großen Überlandzentralen und der Verwendung immer höherer Spannungen steigen auch die Anforderungen an die Sicherheit und Vorausberechnung aller mechanischen Teile der Freileitungen, da von diesen hauptsächlich die Sicherheit der Übertragung abhängt. Daher beschäftigt sich eine große Zahl von Arbeiten in deutschen und ausländischen Zeitschriften mit den einschlägigen Problemen.

A. Blondel[21]) gibt eine Verbesserung seiner graphischen Methode zur schnellen Berechnung der Spannung und des Durchhanges oberirdischer Leitungen, abhängig von Temperatur, Spannweite und Belastung[22]), durch Einführung logarithmischer Maßstäbe für die Variablen. Die früher angewendeten direkten Maßstäbe werden infolge der bei der Reduktion der Drahtbelastungen auftretenden hohen Spannweiten sehr unbequem. Der durch die Neuerung erreichte Vorteil ist um so schätzenswerter, als bei gedrängter und übersichtlicher Darstellbarkeit die Kurven auf dem ganzen Darstellungsgebiete die gleiche relative Genauigkeit besitzen. Der Aufsatz enthält ferner eine Zusammenstellung der Vorschriften der französischen Behörden für den Bau oberirdischer Leitungen, sowie den Rechnungsgang bei verschiedener Höhe der Stützpunkte und die Ermittlung der Stützreaktionen. Eine Anwendung der mathematischen Theorie der Kettenlinie auf Leitungsprobleme geben C. A. Pierce, F. J. Adams und G. J. Gilchrest[23]). Die Ergebnisse werden experimentell durch Messung an einem Probefelde von 60 m Spannweite geprüft und bestätigt. Ein weiterer Bericht über experimentelle Prüfung[24]) der gebräuchlichen Formeln für Durchhang usw. ergibt gleichfalls gute Übereinstimmung mit der Theorie. Auf eine Reihe weiterer Arbeiten über Spannung und Durchhang, auch nach dem Bruch eines oder mehrerer Leiter[25]), sei nur hingewiesen, da sie im wesentlichen nichts Neues bringen.

Die wichtige Frage über den Einfluß der Eisbelastung bei Freileitungen wird durch Versuch und Beobachtung interessanter Betriebsfälle gefördert. So wurden im Anschluß an eine ausgedehnte Betriebsstörung durch Leitungsbruch infolge Eislast[26]) in der Nähe von Portland (Oregon) Messungen über die Stärke der Eisbildung auf den Drähten gemacht, die folgende Abhängigkeit der Eisschicht vom Drahtdurchmesser d (cm) ergaben:

Gesamtquerschnitt (Draht + Eis) $= 10 \sqrt{d}$ [cm²] oder

Gesamtdurchmesser der Eisdecke $= 3{,}7 \sqrt[4]{d}$ [cm].

Die Eisdecke ist also nur wenig abhängig vom Drahtdurchmesser und entspricht fast genau dem Vorschlage des American I. E. E. Committee, bei der Berechnung oberirdischer Leiter eine Eislast von 1,3 cm (0,5″) ringsum den Draht zu berücksichtigen. Da aber die Wetterverhältnisse, die die Betriebsstörung veranlaßt hatten, nicht als außergewöhnlich schwer angesprochen werden konnten, so folgert der Bericht, daß die Annahme der A. I. E. E. C. eines genügenden Sicherheitskoeffizienten entbehre, also zu erhöhen sei. Auch V. H. Greisser[27]) berichtet über interessante Beobachtungen und Versuche, den Einfluß unsymmetrischer Eislasten an einer Aluminiumweitspannlinie mit Hänge-Isolatoren zu bestimmen. Die unsymmetrische Belastung entsteht nach dieser Beobachtung dadurch, daß die Eislasten bei Erwärmung der Leitung in einzelnen Spannfeldern eher abfallen als in den Nachbarfeldern und infolge der Verschiebung der Hänge-Isolatoren sehr große Durchhänge und Kurzschlüsse hervorrufen. Versuche be-

stätigen diese Beobachtungen. Die Ergebnisse sind in Kurventafeln niedergelegt. Nachdem die einzelnen Drähte in verschiedenen Vertikalebenen angeordnet waren, hörten die Kurzschlüsse auf. Einen weiteren Beitrag über Berechnung von Leitungen und Masten bei Verwendung von Hänge-Isolatoren für den Fall eines Leitungsbruches geben H. Grünholz[28]) und P. Gesing[29]), und zwar durch schrittweise Berechnung der Gleichgewichtsbedingungen in den einzelnen Spannfeldern. Die Berechnung der mechanischen Daten einer Kreuzung von ca. 400 m Spannweite enthält ein Aufsatz von K. Nogami[30]), während Frensdorff[31]) an Hand eines Beispiels aus der Praxis die Berechnung eines Gittermastes zeigt. Daß die Verluste in den Stahltürmen infolge Hysterese und Wirbelstrom zu vernachlässigen sind, zeigen Messungen[32]), die bei einer Stromstärke bis 200 A und bei 25 bis 60 Per./sec nur 18 bis 29 W für den Turm ergaben. Interessante Berichte über amerikanische Hochspannungsanlagen geben Harry W. Dennis[33]) und F. Niethammer[34]).

Verteilung und Regulierung. Von außerordentlicher Wichtigkeit für das Gebiet der Verteilung elektrischer Energie über große Gebiete ist G. Klingenbergs[35]) Vortrag vor der Jahresversammlung des VDE in Breslau, in dem die Richtlinien für den Bau großer Kraftwerke und die Versorgung ausgedehnter Konsumgebiete besprochen werden. Auf den reichen Inhalt des Vortrages und der sich daran schließenden Diskussion[36]) einzugehen, verbietet der hier zur Verfügung stehende Raum. Der erweiterte Vortrag ist auch als Buch[37]) erschienen. Die hier nur gestreifte Verwendung hochgespannten Gleichstroms für große Versorgungsgebiete, wie sie im Thuryschen System seit 20 Jahren ausgebildet ist, wird besonders eifrig in englischen Zeitschriften diskutiert anläßlich eines Vortrages, den J. S. Highfield[38]) vor der Institution of El. Eng. in Glasgow (Juni 1912) und vor der British Institution of El. Eng. und der Société Internationale des Electriciens in Paris (Mai 1913) gehalten hat. Auch A. Still[39]) bespricht die Vor- und Nachteile des Thuryschen Systems, während zwei weitere Aufsätze[40]) die Vorteile hervorheben, die dieses System infolge der leichten Regulierbarkeit der Motorendrehzahl bei den verschiedenen Anwendungen in Bergwerksanlagen bietet. Ein Vortrag von F. Bartel[41]) über Großkraftwerke und Energieverteilung unter besonderer Berücksichtigung der oberen Spannungen bis 150 kV geht hauptsächlich auf die besonderen Verhältnisse bei den Torfmoorzentralen ein.

Die Schwierigkeit der Regulierung der Endspannung langer Hochspannungsleitungen wird bei uns bisher dadurch umgangen, daß diese Leitungen fast ausnahmslos mit einem geringen Spannungsverlust berechnet und als quasi-elastische Netzteile behandelt werden. Daß dieser unwirtschaftliche Ausweg ungangbar wird, wenn die Leitungslängen und die Größe der zu übertragenden Leistungen bedeutender werden, liegt auf der Hand. Die hierher gehörige Spannungsregelung mit Stufentransformatoren hat den Nachteil, die Spannung sprungweise zu ändern, sowie den der Funkenbildung an den Schaltkontakten. Ein Aufsatz der Helios-Exportzeitung[42]) behandelt die Vermeidung dieser Nachteile durch Kombination des Stufentransformators mit dem Induktionsregler, unter Verwendung eines besonderen Zusatztransformators zur Unterdrückung der Schaltfunken nach dem Patent von R. Richter. E. C. Lehr[43]) beschreibt eine spezielle Ausführung zur automatischen Konstanterhaltung der Speisepunktspannung durch Induktionsregler, die durch Motor und Kontaktrelais betätigt werden. Auch eine Veröffentlichung in El. World[44]) bringt die Beschreibung eines für die Montage im Freien (am Mast) bestimmten automatischen Induktionsreglers der General Electric Co., dessen eine Spule gegen die andere gleichfalls durch einen von einem Spannungsrelais beeinflußten kleinen Motor gedreht wird. Der Regler wird am Speisepunkt, dessen Spannung konstant zu halten ist, eingebaut. Die günstige Wirkung des voreilenden Ladestroms in den Freileitungen der Zentrale Belgard auf die Verbesserung des nacheilenden Leistungsfaktors beschreibt A. Petri[45]), während A. M. Paton[46]) die Mittel diskutiert, um die nacheilenden wattlosen Ströme der Asynchron-

motoren zu kompensieren. Er weist nach, daß wegen der geringen Frequenz im Rotor der Leistungsfaktor mit einem wesentlich geringeren Aufwand von voreilendem Strom aufgebessert werden kann, wenn dieser dem Rotor zugeführt wird, nicht dem Stator. Die Erzeugungskosten voreilender Ströme durch Kondensatoren, Synchronmotoren und den Kappschen mechanischen Kondensator (siehe JB. 1912, S 49) werden ermittelt und gezeigt, daß sie eine gute Rentabilität durch Ersparnisse an Generatoren und Verlusten ergeben.

Noch einen Schritt weiter gehen F. Hagood[47]), H. Dewey[48]) und H. B. Dwight[49]) mit dem — bereits von Bragstad und la Cour[50]) im DRP 145 385 niedergelegten — Vorschlage, durch Erzeugung voreilender Ströme die Spannung am Leiterende ebenso konstant zu erhalten wie am Leiteranfang in der Zentrale, und zwar kann diese Endspannung entweder von gleicher Höhe wie die Zentralenspannung gewählt werden oder auch tiefer oder höher. Bestimmend für die Ausnutzung des Leiters sind dann nur die Energieverluste, die nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu bemessen sind. Hagood gibt für kurze und lange Leitungen die Berechnung der am Ende notwendigen Blindbelastungen und erläutert sie durch eine Reihe Kurven für verschiedene Betriebszustände. Dwight zeigt, daß diese Regulierungsmethode bis zu einer Leistung der Synchronmotoren gleich ½ bis ⅔ der Generatorleistung anwendbar ist und die Leistungsfähigkeit der Leitung verdoppelt bis verdreifacht werden kann. Ferner können dann auch bei Freileitungen größere Querschnitte verwendet werden, die bei der bisherigen Regulierungsmethode infolge des ungünstigen Verhältnisses von Reaktanz zu Widerstand ausgeschlossen waren, weil der Spannungsabfall dann ausschließlich durch die Reaktanz bestimmt und mit der Vergrößerung des Querschnitts keine weitere Erniedrigung des Spannungsverlustes erzielt wird. Als weitere Vorteile ergeben sich dann geringere Koronaverluste, also Anwendbarkeit höherer Spannungen sowie Begrenzung der Kurzschlußleistung durch die höheren zulässigen Reaktanzen. Als Nachteile werden aufgeführt: Notwendigkeit rotierender Maschinen am Ende der Leitung und die Tendenz der Synchronmotoren, bei äußeren Störungen außer Tritt zu fallen und dann eine stark nacheilende Belastung zu bilden. Bei langen Linien ergibt der Kostenvergleich eine gute Rentabilität. Dewey geht auf die selbsttätige Regelung der Spannung durch Beeinflussung der Feldregulierung der Synchronmotoren ein und beschreibt die Ausführung einer derartigen Anlage durch die Utah Power and Light Co, bei der zwei Synchronmotoren von je 7500 kVA bei einer maximalen Belastung von 19000 kW am Leitungsende verwendet werden.

Während die vorhergehenden Veröffentlichungen die Erzeugung voreilender Ströme zur Kompensation nacheilender Ströme behandeln, bespricht J. Kühle[51]) den entgegengesetzten Fall der Kompensierung des Ladestroms von Kabeln durch Parallelschalten von Drosselspulen.

Die Frage der Spannungsregulierung von Gleichstrom-Dreileiteranlagen mit Spannungsteilern infolge des störenden Einflusses des Mittelleiterwiderstandes behandelt A. Lauteren[52]). Er schlägt die Einschaltung einer Reihenzusatzdynamo (Booster) in den Mittelleiter vor.

Kontrolle, Leitungsschutz, Erdung. Über den Wert laufender Kabelmessungen äußert sich sehr skeptisch der El. Anz.[53]), und in der Tat hat die Praxis die Undurchführbarkeit besonderer häufiger Kabelmessungen erkannt und dafür die Besichtigungskontrolle der Kabelenden und Hausanschlüsse, wie sie der Aufsatz fordert, eingeführt. Rasches Eingreifen, also Bereithalten des nötigen Personals und Materials, bildet das beste Mittel zur Verkürzung und Verhütung von Betriebsstörungen. Um für die Abnahmeprüfung die Netzspannung zu verdoppeln, schlägt Léauté[54]) vor, durch Vorschaltung eines Transformators als variabler Induktivität vor das Kabel angenäherte Spannungsresonanz hervorzurufen. Dagegen verwendet die Boston Edison Comp.[55]) eine parallel geschaltete Drosselspule zur Erzielung von Stromresonanz, um den Ladestrom des Kabels nicht in dem Generator, der die Prüfspannung zu liefern hat, er-

zeugen zu müssen. Die Prüfeinrichtung — Generator, Transformator, Drosselspule, Meßinstrumente — sind auf zwei Elektromobilen untergebracht. Um die bei hohen Prüfspannungen (über 40 kV) und langen Kabeln nötigen großen scheinbaren Leistungen, die durch transportable Transformatoren nicht mehr erzeugt werden können, ganz zu vermeiden, schlägt Delon[56]) die Umformung des Wechselstroms in Gleichstrom der 2,8 fachen maximalen Wechselstromspannung vor, und zwar durch einen Gleichrichter, der aus zwei synchron umlaufenden Kontaktarmen und zwei Kondensatoren besteht.

Entsprechend der großen Wichtigkeit ist der Schutz der Anlagen gegen die verheerenden Wirkungen der großen Kurzschlußleistungen ein aktuelles Thema. Es wird die Einschaltung von Drosselspulen[57]), die Verwendung von Schnellreglern[58]), die durch den Kurzschlußstrom in den Hochspannungsleitungen beeinflußt werden, zeitweises Anerdelegen der beschädigten Leiter[59]) empfohlen und ein neues Rückstromrelais, Patent Örlikon[60]), beschrieben, dessen auslösende Stromstärken unabhängig von Spannung und Phasenverschiebung sind. Auch die Beschreibung eines Induktionsreglers[61]), der die Spannung eines in Betrieb zu setzenden Kabels bei konstanter Zentralenspannung allmählich von Null auf den vollen Betrag zu bringen gestattet, ist zu erwähnen.

Die bekannten Vor- und Nachteile der Erdung bei Hoch- und Niederspannung werden nochmals von Peck[62]) und von C. P. Steinmetz[63]) diskutiert.

[1]) Frohmann, El. Masch.-Bau 1913, S 246, 823. — [2]) J. Herzog, El. Masch.-Bau 1913, S 140 u. Festn. S 52. — [3]) Crocker, El. Anz. 1912, S 981. — [4]) Gottlieb, El. Anz. 1913, S 1475. — [5]) Fuchs, El. Masch.-Bau 1913, S 1115. [6]) Besser, Schw. El. Z. 1913, S 305 u. 314; Helios Exportz. 1913, S 1984; Der Elektrotechniker 1913, S 142. — [7]) Kennelly, El. World Bd 61, S 450. — [8]) Forssblad, ETZ. 1912, S 1259. — [9]) Meller, El. Masch.-Bau 1913, S 403. — [10]) G. W. Meyer, ETZ. 1913, S 74. — [11]) Meller, El. Masch.-Bau 1913, S 587. — [12]) Waern u. Peek, Gen. El. Rev. vom Juni 1913 u. Lum. Él. Ser. 2, Bd 24, S 21. — [13]) Eichhorn, El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 106, 456. — [14]) Feldmann u. Loos, ETZ. 1913, S. 89. — [15]) Markovitch, El. Masch.-Bau 1913, S 529. — [16]) Pierce u. Adams, El. World Bd 62, S 327. — [17]) Cohen, El. World Bd 60, S 994; Electrician (Ldn) Bd 71, S 607. — [18]) Boye, El. Anz. 1913, S 785. — [19]) Mattausch, El. Anz. 1913, S 1013; Helios Fachz. 1913, S 140. — [20]) Soleri, ETZ 1913, S. 393. — [21]) Blondel, Lum. el. Ser. 2, Bd 23, S. 166. — [22]) s. G. Nicolaus, ETZ. 1907, S. 896. — [23]) Pierce, Adams u. Gilchrest, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S. 1375. — [24]) El. Masch.-Bau 1912, S 926. — [25]) W. T. Ryan, Sag in long spans for transmission lines. El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 156; R. S. Brown, Stresses produced in a transmission line by breaking of a conductor. Electrician (Ldn) Bd 71, S 252; El. World Bd 61, S 673; A. Still, Graphical statics applied to transmission-line caculations. El. World Bd 62, S 230: G. Semenza, Graphische Tafeln für die rationelle Montage von elektr. Fernleitungen. ETZ 1913, S 1006; El. Masch.-Bau 1913, S 453; Economics of power-transmission lines. El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 1225. — [26]) El. Rev. (Ldn) Bd 73, S 763. — [27]) Greisser, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1745. — [28]) Grünholz, El. Masch.-Bau 1913, S 576. — [29]) Gesing, El. Kraftbetr. 1913 S. 673. — [30]) Nogami, El. World Bd 62, S 277. — [31]) Frensdorff, El. Anz. 1913, S 1492. — [32]) El. World Bd 62, S 1108. — [33]) Dennis, El World Bd 62, S 281. — [34]) Niethammer, El. Masch.-Bau 1913, S 93. — [35]) Klingenberg ETZ. 1913, S 697. — [36]) ETZ. 1913, S 981. — [37]) G. Klingenberg, Bau großer Elektrizitätswerke, Berlin 1913. — [38]) Highfield, J. Inst. El. Eng. Bd 49, S 848; Bd 51, S 640; El. World. Bd 61, S 1412; Elektrician (Ldn) Bd 71, S 314, 345; Lum. el. Ser. 2, Bd 22, S 365; Bd 23, S 337. — [39]) Still, El. World, Bd 60, S 1093; El. Masch.-Bau 1913, S 37. — [40]) J. Inst. El. Eng. Bd 51, S 443; El. World, Bd 61, S 775. — [41]) Bartel, Ann. Gen. Bauw. Bd 71, S 181, 201; Bd 72, S 3. — [42]) Helios Exportz. 1913; S 1366. — [43]) Lehr, El. Jl. Bd 9, S 985. — [44]) El. World, Bd 62, S 104. — [45]) Petri, ETZ. 1913, S 713. — [46]) Paton, Electrician (Ldn) Bd 71, S 936. — [47]) Hagood, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 2163. — [48]) Dewey, Gen. El. Rev. Juni 1913; El. Masch.-Bau 1913, S 581. — [49]) Dwight, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1359. — [50]) Arnold, Die Wechelstromtechnik, Bd 4, S 452. — [51]) Kühle, ETZ. 1913, S 733. — [52]) Lauteren. El. Masch.-Bau 1913, S 609. — [53]) El. Anz. 1913, S 1297. — [54]) Léauté, Bull. Soc. Int. Él. 1912, S 45; Lum. él. Ser. 2, Bd 23, S 109. —

55) El. World Bd 60, S 354; El. Kraftbetr. 1912, S 657, — 56) Delon, ETZ. 1912, S 1179. — 57) Electrician (Ldn) Bd 70, S 834, 1098. — 58) Helios Fachz. 1913, S 278. — 59) Lum. él. Ser. 2, Bd 24, S. 47. 60) Lum. él. Ser. 2, Bd 23, S 372. — 61) Franz. Pat. 457 377; Lum. él. Ser. 2, Bd 24, S 183. — 62) Peck. Electrician (Ldn) Bd 70, S 297; Helios Fachz. 1913, S 168. — 63) Steinmetz. Lum.él. Ser. 2, Bd 24, S 112.

Beschaffenheit und Herstellung der Leitungsdrähte und Kabel.

Von Dr. Rich. Apt.

Freileitungen. Die neuen „Normalien für Freileitungen" des VDE sind ab 1. Januar 1914 in Kraft getreten und bieten gegenüber dem bisherigen Zustande eine Reihe wichtiger Abänderungen[1]). Massive Leitungen sind für Leichtmetalle nicht mehr zulässig, als kleinster Querschnitt ist für Schwermetalle 10 mm², für Leichtmetalle 25 mm² erlaubt. Normale Seilkonstruktionen wurden angegeben, durch die die Zahl der erforderlichen Drahtdurchmesser möglichst beschränkt ist. Bei gegebenem Durchmesser sind Freileitungsdrähte durch Leitungswiderstand und Bruchlast definiert. Die vorgeschriebene Mindestzuglast soll mindestens eine Minute lang wirken müssen, ehe sie zum Bruch führt. Die frühere Annahme, daß die zusätzlichen Beanspruchungen durch Eislast und Winddruck dem Querschnitt der Leitungen annähernd proportional seien, entsprach nicht mehr den neueren Erfahrungen. Es wurde daher als empirische Formel für die Fremdlast in Gramm auf 1 cm Länge auf den Durchmesser d bezogen, neu eingeführt der Ausdruck $1{,}9 + 5\,d$. Diese Berechnung führt bei geringeren Querschnitten zu einer größeren Sicherheit, während stärkere Querschnitte schwächer belastet erscheinen.

Die Bestrebungen, Aluminium im Bau von Freileitungen in weiterem Umfange zur Anwendung zu bringen, sind durch zahlreiche Veröffentlichungen weiter gefördert worden[2]). Die fortgesetzt steigende Produktion der Aluminiumindustrie hat bei den interessierten Firmen eine kräftige Propaganda ausgelöst, um die mannigfachen Widerstände im Kampfe des weißen Metalls gegen das Kupfer zu überwinden[3]). Die neuen Normalien für Freileitungen des VDE haben zwar die maximale Zugspannung für Aluminiumleitungen auf 7 kg/mm² gegen früher 9 kg/mm² heruntergesetzt, dagegen begünstigt die neue Formel für die Zusatzlast das Aluminium. Als wirtschaftlicher Nachteil wird von den Verbrauchern häufig der Umstand empfunden, daß altes Aluminium nicht in gleichem Maße wie altes Kupfer einen marktgängigen Preis besitzt.

Als neue Verlegungsart schlägt Angelo[4]) vor, die drei Leitungen eines Drehstromnetzes senkrecht übereinander anzuordnen, wodurch einfachere Abzweigungen ermöglicht werden. Bestrebungen nach einem besseren Schutz der Vögel gegen Berührung der Leitungen und nach der Verhinderung von Kurzschlüssen durch Vögel haben zur Konstruktion von besonderen Querträgern mit Vogelsitzstangen und ähnlichen Anordnungen geführt[5]).

An Stelle der vielfältigen Profile für Trolleyleitungen ist die Einführung von Normalquerschnitten vorgeschlagen worden[6]). Hochspannungsfahrleitungen für elektrische Bahnen kommen immer mehr in Anwendung[7]). Bruchsichere Aufhängung, unstarre Befestigung des Fahrdrahtes sowie bei allen Temperaturen unveränderliche Lage desselben sind die zu stellenden Bedingungen, vielfache Längsaufhängung, eine reine Druckbeanspruchung der Isolatoren und die Verwendung von Kettengliedisolatoren sind die vorgeschlagenen Mittel zur Erfüllung derselben.

Kabel. Das Interesse an Kabeln für außergewöhnlich hohe Spannungen ist in fortschreitender Zunahme begriffen, und zahlreiche Veröffentlichungen beschäftigen sich mit der Beschreibung ausgeführter Anlagen, bei denen Kabel für 25 000 V Spannung und darüber verwendet sind[8]).

Den Rekord hält zurzeit die 60 000 V-Anlage der elektrischen Bahn Dessau—Bitterfeld, deren Speiseleitungen bei einer Betriebsspannung von 60 000 V aus blanken Einfachkabeln für 30 000 V gegen Erde bestehen[9]). Projekten für Anlagen ähnlicher Art werden die dort gewonnenen Erfahrungen von Nutzen sein. Die Schwierigkeiten, die sich der Prüfung verlegter Netze mit erhöhter Spannung entgegenstellen, haben zu Anregungen geführt, derartige Spannungsproben mit hochgespanntem Gleichstrom vorzunehmen. Der Gleichrichter von D e l o n[10]) ist ein diesem Zweck angepaßter Umformer von hochgespanntem Wechselstrom in Gleichstrom. Untersuchungen, wo die Grenzen der Anwendung von Kabeln für hohe Spannung liegen, konnten zu einem abschließenden Ergebnis nicht führen, weil die Fragestellung an sich unberechtigt ist[11]). Die Art der Stromerzeugung im Kraftwerk, Größe der zu übertragenden Leistung, Entfernung, zulässige Verluste sowie die Eigenart des Geländes und andere Faktoren sind im einzelnen für die Entscheidung maßgebend, wo die Spannungsgrenze für die Anwendung eines Kabels liegt. Regelmäßig wird eine Kabelleitung mit einer Freileitung wirtschaftlich nur dann in Konkurrenz treten können, wenn es sich um die Übertragung großer Energiemengen handelt, wenn also das Kabel mehrere parallele Freileitungen zu ersetzen hat. Mit Rücksicht auf die durch die Kapazität bedingten eigenartigen Betriebsverhältnisse wurde die Einschaltung von Kompensationsdrosselspulen erörtert[12]). Um einen hohen Wirkungsgrad der Übertragung zu erzielen, ist die richtige örtliche Verteilung der Drosselspulen in die Kabelleitungen sowie die richtige Bemessung der Stromaufnahme unerläßlich. Auch bei den längsten in Betracht kommenden Kabelleitungen werden 1 oder 2 Spulen als ausreichend erachtet. Ein ähnlicher Effekt könnte eventuell durch Vergrößerung des Magnetisierungsstromes der angeschlossenen Transformatoren erzielt werden.

Isolierte Leitungen. Die Schwierigkeiten, die sich der Einführung der neuen Normalien für gummiisolierte Leitungen entgegenstellten, werden immer geringer. Wesentlichen Anteil daran hat auch der engere Zusammenschluß der Fabrikanten sowie die fortgesetzte Verbilligung des Rohkautschuks. Die immer weiter steigenden Zufuhren der Plantagen haben die Kautschukpreise auf einen früher dauernd nie erreichten Tiefstand gebracht. Durch diese Verschiebung der Marktlage sind auch unsere Kautschuk anbauenden Kolonien sowie vor allem das bisherige Hauptproduktionsland Brasilien in große wirtschaftliche Schwierigkeiten geraten. Die Methoden der Analyse vulkanisierter Kautschukmischungen wurden weiter zu vervollkommnen versucht[13]). Mit Rücksicht auf wiederholte Unfälle an den neuerdings vielfach benutzten elektrischen Handapparaten (Massageapparaten, Kochapparaten, Haartrockner) hat man der Konstruktion der Zuleitungen zu transportablen Apparaten besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Verschärfte Bestimmungen des V D E auf diesem Gebiete sind in Vorbereitung. Besonders geeignet für diesen Zweck erwiesen sich die sog. Bandpanzerleitungen, bei denen die gummiisolierten Drähte durch zwei rillenförmig profilierte Metallbänder eine zugleich biegsame und mechanisch sehr widerstandsfähige Panzerung erhalten[14]). Für Abtäufleitungen und andere bewegliche Leitungen sind neue Normalien in Kraft getreten[15]); auch die Bestimmungen für Rohrdrähte wurden ergänzt[16]).

Auf die Unzuträglichkeiten, die durch einphasige Verlegung von Wechselstromleitungen in metallischen Rohren entstehen, wurde an Hand eingehender Versuche erneut hingewiesen[17]).

Isoliermaterial. Der Fortgang der Arbeiten der Isolierstoffkommission des V D E hat zunächst zu einem fest umschriebenen Plan für die gekürzte Untersuchung elektrischer Isolierstoffe geführt. Derartige Prüfungen können jetzt normalerweise für den mechanischen Teil der Untersuchungen bei dem Königlichen Material-Prüfungsamt in Groß-Lichterfelde, für den elektrischen Teil bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beantragt werden[18]). Eine weitergehende Verwendung der Isolierstoffe im Apparatebau wird von einigen Seiten nachdrücklichst gefordert[19]). Es wird als wünschenswert bezeichnet, vollkommen durch

Isolierstoff geschützte Apparate in Vergleich zu stellen zu solchen mit metallischer Kapselung. Die Fabrikationstechnik hat weitere Fortschritte gemacht, so daß die Isolierstoffe hohen Anforderungen genügen können, wenn durch geeignete Formgebung der Eigenart des Materials Rechnung getragen wird. Auch zu umfassenderer Anwendung bei Heizapparaten werden Isolierstoffe empfohlen.

Vergleichende Versuche[20]) über die Durchschlagsspannung von Isoliermaterialien bei Gleichstrom und Wechselstrom führten zu dem naheliegenden Ergebnis, daß die spez. Beanspruchung für Gleichstrom höher gewählt werden kann. Hierbei steht allerdings noch nicht fest, ob nicht die Beanspruchungsdauer bei den beiden Stromarten in verschiedener Weise wirkt.

[1]) ETZ 1913, S 1096. — [2]) ETZ 1913, S 99. — [3]) ETZ 1913, S 751. — [4]) Angelo, ETZ 1913, S 274. — [5]) ETZ 1913, S 655. — [6]) ETZ 1913, S 1363. — [7]) ETZ 1913, S 137. — [8]) ETZ 1913, S 347, 492. — [9]) ETZ 1913, S 3. — [10]) Electrician (Ldn) Bd 70, S 1043. — [11]) ETZ 1913, S 393. — [12]) ETZ 1913, S 733. — [13]) Chem. Ztg 1913, Bd 37 S 85. — [14]) Mitt. AEG 1912. Nr 2, S 7. — [15]) ETZ 1913, S 1041. — [16]) ETZ 1913, S 251. — [17]) ETZ 1913, S 207. — [18]) ETZ 1913, S 688. — [19]) ETZ 1913, S 79. — [20]) ETZ 1913, S 18.

Verlegung und Leitungsbau, Schalter.

Von Oberingenieur Alfred Hermani.

Oberirdische Leitungen. Die Systeme zur Verlegung elektrischer Leitungen haben sich allgemein bewährt, so daß die vorgeschlagenen neuen Verlegungsarten im wesentlichen nur eine Fortentwicklung und Verbesserung des Bestehenden bedeuten. Immerhin sind die Abweichungen zum Teil so beträchtlich, daß die Zweckmäßigkeit erst durch Erfahrungen erwiesen werden muß. Abgesehen von Verbesserungen in der Verlegung von Freileitungen und Hausnetzen, verdient die Literatur über die Erdung von Leitungen besondere Beachtung.

Bei Freileitungen ist neben dem Material die Art der Befestigung von Wichtigkeit. Beachtenswerte Mitteilungen über Aluminium-Freileitungen macht Menney[1]), während Mitteilungen über die Aufhängung etc. G. Krebs[2]) gibt.

Die Verbesserungen bei der Leitungsverlegung in Gebäuden sind erheblich, insbesondere werden neuartige Rohrsysteme bekannt gegeben. Ein System mit getrennter Leitungsführung für isolierte Drähte in Form von gebogenen Leisten beschreibt T. Kenny[3]); eine an feuchten Plätzen angebrachte Rohrverlegung erörtert F. G. Waldenfels[4]). Eine andere Art mit neuartigen Paßstücken wird bekannt durch El. Rev.[5]). Die Entlüftung der Rohrnetze erfordert Aufmerksamkeit. Eine entsprechende Verlegungsart beschreibt Knauth[6]). Ein interessanter Vergleich zwischen älteren und neueren Rohrverlegungen findet sich in der El. Rev.[7]). L. Bloch[8]) erörtert gewisse Nachteile der Rohrverlegung bei einphasigen Wechselstromleitungen und macht Angaben über die hierbei zweckmäßigen Rohrarten.

Leitungen im Innern der Häuser. Die Installation in Gebäuden erfolgt im übrigen immer noch nach sehr verschiedenen Methoden, doch bilden sich allmählich bestimmte Normen für gewisse Arten von Gebäuden heraus. Man lernt hierfür eine Anzahl von Installationsbeispielen kennen. Nämlich: Installation in einem Gebäude mit Zementfußboden[9]), elektrische Anlagen in einem großen Geschäfts- und Bureaugebäude[10]), Installation in einer Ziegelei mit Betonfußboden[11]), Gesichtspunkte für Leitungsverlegung in einem 31 stöckigen Hause[12]), die Installation der großen Säle im Louvre[13]), Theater-Installation [14]), Leitungsverlegung in Bahnhofsgebäuden[15]), G. H. Wilson, Leitungsverlegung in einer Eisfabrik[16]).

Beachtung verdient ferner das Buch von H. Pohl[17]) über die Montage elektrischer Licht- und Kraftanlagen, sowie die Mitteilungen von A. H. Bernhard[18]) über Installationserfahrungen.

Unerläßlich für eine gute Leitungsverlegung sind zweckmäßige Verbindungsmittel. Eine Einrichtung zur Befestigung elektrischer Leitungsdrähte an Isolatoren wird im Helios[19]) beschrieben. Ein neuer Drahtverbinder ohne Lötung findet sich in der El. Rev.[20]), gebräuchliche Methoden von Draht- und Kabelverbindungen beschreibt H. V. Talbot[21]), Spezialwerkzeuge und Hilfsvorrichtungen für die Herstellung elektrischer Leitungsanlagen A. Molly[22]). Zur Ersparung von Zeit und Mühe dient eine Zange zum Abisolieren der Leitungen[23]).

Unterirdische Leitungen. Die unterirdische Verlegung erfolgt als Kabel mit geeigneten Armierungen, sowie in Rohren oder Kanälen. Einige interessante Konstruktionen für unterirdischen Gebrauch werden in El. Rev. (Chic.)[24]) beschrieben. Als Sammlung von Erfahrungen beachtenswert sind die Mitteilungen von G. F. Speer[25]). Erwünscht sind auch Angaben über Betonkanäle, z. B. El. World[26]).

Leitungsmaste. Mit der Verbreitung der Überlandnetze haben die Neuerungen an Leitungsmasten eine erhebliche Vermehrung erfahren. Neben einer eifrigen Tätigkeit zur Vervollkommnung der Holzmaste wird vor allem in der Schaffung neuer Konstruktionen in Eisenbeton und Eisen reger Eifer entfaltet.

Die Vervollkommnungen an Holzmasten erstrecken sich auf das Imprägnieren; vgl. z. B. C. Geck[27]). Mitteilungen über den mechanischen Schutz von Holzmasten gegen Abfaulen macht A. Wöbcken[28]). Über im Grunde verstärkte hölzerne Masten schreibt El. World[29]). Maste für Licht- und Kraftleitungen aus Holz und Beton werden von F. Moll einem Vergleich unterzogen[30]). Angaben über Eisenbetonmasten finden sich in El. Railway Jl.[31]), ferner werden armierte Betonmasten, System Hermann beschrieben[32]). Die Verwendung von Betonmasten für Freileitungen behandelt A. Still[33]). Günstige Erfahrungen mit Betonmasten wurden bei den New Yorker Bahnen gemacht.[34]). Eisenmasten für Freileitungen werden beschrieben in El. World[35]).

Die Herstellung geeigneter Maste für Hochspannung ist nach wie vor wichtig, eine neue derartige Konstruktion wird veröffentlicht in El. Rev. (Ldn.)[36]).

Dem anfänglichen häufigen Verunglücken von Vögeln an Überlandleitungen ist durch zweckentsprechende Schutzkonstruktionen gesteuert. Wichtig für diesen Zweck sind z. B. Leitungsmasten mit Vogelsitzstangen[37]).

Eine Methode zum maschinellen Aufrichten von Masten wird angegeben in ETZ.[38]).

Installationsmaterialien. Bei den Mitteilungen über die Verlegung von Leitungen in Gebäuden wurde bereits ausgesprochen, daß sich aus den vielen Methoden zur Leitungsverlegung immer mehr bestimmte Normen für bestimmte Arten von Gebäuden entwickeln. Dies hat zur Folge, daß auf dem Gebiete des Installationsmaterials eine lebhafte Entwicklung in der Richtung der Spezialisierung herrscht.

In Verbindung mit der Spezialisierung der Apparate für bestimmte Gebrauchszwecke zeigt sich durchweg das Bestreben, die Handhabung durch Laien völlig gefahrlos zu machen. Das ist um so wichtiger, als durch die Vermehrung von Hoch- und Untergrundbahnen auch im täglichen Verkehr mit der Benutzung höherer Spannungen zu rechnen ist.

Mit der Beschreibung moderner Methoden zum Installieren von Apparaten werden auch Angaben über Schutzvorrichtungen gemacht durch J. Broadbent[39]).

Den Einfluß der genannten Bestrebungen auf die Entwicklung der Installationsmaterialien erkennt auch W. Klement[40]); neuere Installationsmaterialien finden sich ferner in der ETZ.[41]).

Arbeitswerkzeuge sind für die Ausführung der Installationen von Wichtigkeit. Eine Lampe zur Herstellung von Lötverbindungen ist beschrieben in El. World[42]), andere Werkzeuge von A. Molly[43]).

Eine Gefahrenquelle liegt bei Hausinstallationen in der Beschädigung beweglicher Leitungen, welche unbedingt vermieden werden sollte[44]).

Die Menge des verbrauchten Drahtes bzw. Kupfers ist von erheblichem Einfluß auf die Kosten der Anlage und jede Ersparnis sehr willkommen[45]).

Versuche, um Schalter, Steckdosen usw. auf neue Art zu montieren, dienen ebenfalls der Ersparnis oder dem Geschmack[46, 47]).

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat neue, zum Teil verschärfte, jedoch wegen ihrer präziseren Form erwünschte Vorschriften vorbereitet[48]) und strebt danach, eine Kontrolle des Marktes bezüglich der Einhaltung dieser Vorschriften durchzuführen.

Sicherungen. Mit der Verbreitung höherer Spannungen sind auch die Anforderungen an die Sicherungen gestiegen. Die neuen Prüfvorschriften des V D E tragen den im praktischen Betriebe (z. B. bei Lastmotoren) auftretenden schwierigen Verhältnissen in vollkommenem Maße Rechnung.

Angaben über Versuche mit elektrischen Sicherungen macht L. W. Downes[49]) sowie auch A. A. Somerville[50]).

Für höhere Spannungen werden neuerdings nur noch vollständig geschlossene Sicherungen benutzt und von diesen findet die Schraubstöpselsicherung wegen ihrer leichten Auswechselbarkeit die größte Verbreitung. Eine Sicherung, welche auch geschlossen genannt wird, jedoch Auslaßöffnungen für das Gas besitzt, beschreibt H. R. Sargent[51]). Dagegen wird eine ganz geschlossene Sicherung mit der Bezeichnung „Rex“ in der El. Rev. bekannt gegeben[52]).

Sicherungen mit auswechselbaren Schmelzdrähten besitzen bekanntlich keine große Betriebssicherheit, werden aber wegen des billigen Ersatzes für niedrige Spannungen viel benutzt; H. R. Sargent[53]). Zum Schutz von Motoren dienen besondere Sicherungen in Stöpselform[54]).

Das gesamte Hausnetz wird zunächst durch eine Hausanschlußsicherung geschützt[55]).

Sicherungen für sehr hohe Spannungen werden in El. World beschrieben[56]). Die gesamte Sicherung besteht aus Sicherungssockel und Sicherungsstöpsel oder -Einsatz. Einen neuen Sicherungssockel schildert H. Schmidt[57]). Die Sicherungssockel können zu Verteilungstafeln zusammengesetzt werden; vgl. W. Klement[58]). Die Sicherungssockel werden auch vielfach mit Schaltapparaten zusammengebaut[59]).

Vielfach in Verbindung mit Sicherungen, jedoch auch sonst zur Verteilung von Speiseleitungen werden die sogenannten Etagen-Abzweigklemmen benutzt[60]).

Kleine Schalter, Fassungen, Stecker. Von Wichtigkeit für die kleineren Dosenschalter u. dgl. sind die Gefahrlosigkeit der Handhabung, das Vermeiden größerer Lichtbogen und schließlich die Dauerhaftigkeit. Das Streben nach Vervollkommnung in diesen drei Richtungen läßt sich in allen vorliegenden Arbeiten erkennen.

Eine neue Form von Installationsschaltern wird beschrieben in der ETZ.[61]). Der Gestaltung des Schaltergehäuses wird dauernd Wert beigemessen[62]). Von Interesse ist auch ein Hängeschalter für zwei Stromkreise[63]). Auch die Angaben über Schalter und Kontakte von G. Strahl[64]) verdienen Beachtung. Der Vereinfachung der Installation dienen neue Installationsschalter[65]). Die Beschleunigung der Schaltbewegung ist von Wichtigkeit, weshalb die Drehschalter meistens als Momentschalter konstruiert werden[66, 67]).

Für Unterputzverlegung wird ebenfalls ein neues System von Schaltern bekannt[68]). Einem besonderen Zweck dient der im El. Anz. beschriebene Fliesenschalter[69]). Ein neuer Schwimmerschalter für selbsttätige Pumpenanlagen dürfte zu diesem Spezialzweck gleichfalls Interesse erwecken[70]). Mit Bezug auf die Kontakte wird ein neuer Gedanke im Schalterbau mitgeteilt[71]). Die gewissenhafte Prüfung von Drehschaltern ist Vorbedingung für deren Zuverlässigkeit. Im Interesse der Einheitlichkeit der Leistung sollte aber nur nach bestimmtem Verfahren geprüft werden. Vgl. die Prüfung von Drehschaltern (Dosenschaltern) auf Schaltleistung von W. Hoepp[72]).

Automatische und Zeitschalter für Treppenhausbeleuchtung werden in immer größerem Maße gebaut. Derartige Schalter beschreibt z. B. de Ker-

m o n d[73]). Ferner macht E. N e u m a n n[74]) Angaben über selbsttätige Schalter und Schaltuhren für Treppenbeleuchtung. Automatische Treppenhausschalter von Interesse finden sich in El. Rev.[75]). Auch der elektrische Zeitschalter[76]) verdient Beachtung.

Schalter ganz ähnlicher Art sind die Fernschalter für Lichtanlagen; sie besitzen den Vorzug vollständiger Geräuschlosigkeit[77]). Diesen Vorzug teilen mit ihnen die Quecksilberschalter, von denen mehrere beachtenswerte Konstruktionen bekannt werden[78, 79]). Die Unterdrückung des Lichtbogens ist bei dieser Art Schalter wesentlich[80]).

Am Fassungsmarkte ist eine gewisse Beruhigung eingetreten, jedenfalls verursacht durch die vom V D E vorgenommene umfangreiche Normalisierung. Beachtenswert sind einige Neuerungen an Beleuchtungskörpern[81]). Auch eine Klemmhülse für Schnurpendel dürfte Interesse bieten[82]).

Die Verwendung von fahrbaren Motoren in der Landwirtschaft führt zu vermehrten Konstruktionen in wasserdichten Steckvorrichtungen[83]).

Für Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde müssen Steckvorrichtungen mit Schalter verriegelt sein, um berührbare Steckdosenhülsen spannungslos zu machen. Die Aufgabe führt zu interessanten Lösungen; vgl. R e i n i c k e[84, 85]).

Für größere Leistungen werden entsprechende Schaltkasten gebaut[86]).

Auch mit Sicherungen zu einem Apparat vereinigt finden ähnliche Konstruktionen vielfach Anwendung[87]).

Erdung. Über die Erdung von Leitungen finden sich Angaben in der Mitteilung von praktischen Erfahrungen mit der Erdung als Schutzmittel in elektrischen Starkstromanlagen auf den Industriewerken Oberschlesiens von W. V o g e l[88]), ferner in den Vorschlägen zur Erdung El. Rev.[89]). Zu beachten ist auch der Vergleich zwischen geerdeten und ungeerdeten Wechselstromanlagen von J. S. P e c k[90]).

Angaben über Verlegungen in Metallrohren, welche zur Erdung benutzt werden, finden sich in F. H. T a y l o r[91]). Von Wichtigkeit hierbei ist ein guter Kontakt zwischen den Rohren und den Verbindungsstutzen, vgl. El. World[92]).

Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit des Gegenstandes sei auch an dieser Stelle verwiesen auf die von der Erdungskommission des V D E aufgestellten Vorschriften über Erdungen[93]).

Beachtenswerte Angaben über die Erdung des neutralen Punktes der Dreiphasensysteme findet man in El. Rev. (Chic.)[94]).

Schaltanlagen und Schalter. Auch für Schaltapparate und Schaltanlagen hat der Verband Deutscher Elektrotechniker einheitliche Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung für Spannungen bis 750 V ausgearbeitet[95]).

Der Ausschaltlichtbogen, dessen Beseitigung oder Eindämmung ist ein wichtiges Kapitel bei allen Arten von Schaltapparaten. Ausführliche Angaben über Unterbrechungslichtbogen bei elektrischen Schaltapparaten macht W. H o e p p[96]), während F. K r a u s berichtet über die Bedingungen, unter welchen ein Lichtbogen überhaupt nicht entstehen kann[97]).

Über amerikanische Ausführungsformen von Schaltern schreibt F. N i e t h a m m e r in einer Abhandlung „Apparate und Schalttafelbau"[98]). Einen Schalter für Grubenbetrieb gibt D. W. J e s s u p an[99]), dem gleichen Zweck dient auch ein in El. Engineering beschriebener Schalter[100]).

Interesse bietet ferner ein neuer Druckschalter der Firma F. K l ö c k n e r[101]). Angaben über Schaltwalzen macht B. M i t t e l[102]), während J. S c h u i l eine explosionssichere Schaltwalze beschreibt[103]). Eine neue Art von Schaltkasten wird gleichfalls Beachtung finden[104]). Eine Schaltanlage für Blitzschutz bietet einiges Neue[105]).

Allgemeine wichtige Angaben über die Entwicklung der Ausschalter und der Schaltanlagen macht F. P a t z e l t[106]).

Die Mitteilungen von M i c h a l k e über Hochstromleitungen und Schalter für Wechselstrom geben in vielen Punkten wichtige Fingerzeige[107]). Eine Hoch-

spannungs-Außeninstallation beschreibt L. A. Magraw[108]). Die Wirkungsweise und Konstruktion von Selbstschaltern für Gleich- und Wechselstrom sind Spannungen bis 550 V bietet Neues[109]).

Der Bau von Relais zum Schutze elektrischer Leitungs- und Schaltanlagen hat großen Umfang gewonnen. Interessante Untersuchungen über den Sicherheits- und Empfindlichkeitsfaktor des Leitungsschutzsystems von Merz und Price gibt K. Kuhlmann[110]).

Neue Relaiskonstruktionen werden bekannt[111, 112]). Auch das von E. Heusser angegebene Relais zum Schutz elektrischer Anlagen verdient Beachtung[113]). Zu verweisen ist ferner auf die Regelung von Relais und Unterbrechern von M. Defert[114]). Interessante Angaben über automatische Schaltapparate finden sich in El. World[115]).

Eine große Bedeutung als Schalter für höhere Spannungen und Leistungen erhalten weiter die Ölschalter in Wechselstromanlagen.

Recht verständlich schreibt R. Edler über Theorie, Berechnung, Konstruktion und Wirkung der Ölschalter[116]). Erfahrungen an Ölschaltern siehe[117]). Aus der äußerst reichhaltigen Literatur sind hervorzuheben: Angaben über Ölunterbrecher für große Leistungen und hohe Spannungen von K. C. Randall[118]) Hochspannungs-Ölunterbrecher von E. H. Jacobs[119]), selbsttätiger Hochspannungs-Ölschalter[120]), Ölschalter [121]), die Entwicklung des modernen Ölschalters von W. J. P. Orton[122]), Auslösevorrichtung für Ölschalter[123]), über amerikanische Ölschalterpraxis von E. Heusser[124]), der Ausschaltevorgang bei Ölschaltern von A. Simon[125]), die Betriebssicherheit der Ölschalter von M. Vogelsang[126]).

Angaben über die Prüfung von Ölschaltern macht J. M. Mahoney[127]).

Es würde zu weit gehen, den Inhalt dieser durchweg sehr interessanten Veröffentlichungen zu besprechen, ebenso wie es unmöglich ist, die übrige sehr reichhaltige Literatur anzuführen.

[1]) Henney, El. Masch.-Bau 1913, S 376. — [2]) Krebs, ETZ 1913, S 274. — [3]) Kenny, El. Masch.-Bau 1913, S 104. — [4]) Waldenfels, El. World Bd 60, S 884. — [5]) El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 853. — [6]) Krauth, El. Anz. 1913, S 1029. — [7]) El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S. 112. — [8]) Bloch, ETZ 1913, S 207. — [9]) El. Masch.-Bau 1913, S 243. — [10]) El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 1221. — [11]) El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 851. — [12]) El. World Bd 61, S 1407. — [13]) Lum. él. Ser. 2 Bd 21, S 76. — [14]) El. World Bd 61, S 526. — [15]) El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 835. — [16]) Wilson, H. G., El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 782. — [17]) Pohl, H., Die Montage elektrischer Licht- und Kraftanlagen. 4. Aufl. Leipzig, M. Jänicke, 1912. — [18]) Bernhard, El. World Bd 62, S 646. — [19]) Helios Exportz. 1913, S 2900. — [20]) El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 1148. — [21]) Talbot, El. World Bd 61, S 575. — [22]) Molly, El. Anz. 1913, S 579, 625. — [23]) El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 1234. — [24]) El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 237. — [25]) Speer, El. World Bd 61, S 52. — [26]) El. World Bd 61, S. 1272. — [27]) Geck, ETZ 1913, S 973. — [28]) Wöbcken, ETZ 1913, S 1345. — [29]) El. World Bd 62, S 294. — [30]) Moll, Helios Exportz. 1912, S. 605. — [31]) El. Rlw. Jl. Bd 42. S 345. — [32]) Lum. él Sér. 2, Bd 24, S. 115. — [33]) Still, El. Masch.-Bau 1912, S 946. — [34]) El. Rlw. Jl. Bd 41, S 502. — [35]) El. World Bd 62, S 708. — [36]) El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 195. — [37]) ETZ 1913, S 655. — [38]) ETZ 1913, S 1122. — [39]) Broadbent, El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 10. — [40]) Klement, ETZ 1913, S 70. — [41]) ETZ 1913, S 1241. — [42]) El. World Bd 62, S 497. — [43]) Molly, El. Anz. 1913, S 521. — [44]) ETZ 1913. S 623. — [45]) El. Anz. 1913, S 1478. — [46]) ETZ 1913, S 1035. — [47]) Helios Exportz. 1913, S 2372. — [48]) ETZ 1913, S 628, 661. — [49]) Downes, El. World, Bd 61, S 413. — [50]) Somerville, El. World, Bd 61, S 144. — [51]) Sargent, El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 504. — [52]) El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 960. — [53]) Sargent, R., El. World Bd 61, S 837. — [54]) A. E. G.-Ztg. Jg. 15, Nr. 12, S 11. — [55]) Electrician (Ldn.) Bd 71, S 19. — [56]) El. World. Bd 62, S 442. — [57]) El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 468. — [58]) Klement, El. Anz. 1913, S 803. — [59]) El. World Bd 61, S 64. — [60]) Druckschr. d. Allgem. El. Ges. Abt. Isoliermaterial. — [61]) ETZ 1913, S. 123. — [62]) El. World, Bd 60, S 843. — [63]) El. World Bd 61, S 535. — [64]) Strahl, Rdsch. Installationsbeleuchtung 22. Jg. S 1165. — [65]) Helios Exportz 1913, S 549. — [66]) El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 328. — [67]) El. World Bd 61, S 638. — [68]) Helios

Exportz. 1913, S 2696. — [69]) El. Anz. 1913, S 745. — [70]) ETZ 1913, S 976. — [71]) El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 211. — [72]) Hoepp, ETZ 1913, S 1167. — [73]) Helios Fachz. 1913, S 123. — [74]) Neumann, Leipzig, Hachmeister & Thal (Helios) 1912. — [75]) El. Rev. (Ldn). Bd 73, S 288. — [76]) El. World, Bd 61, S 1326. — [77]) El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 43. — [78]) Helios Exportz. 1913, S 1309. — [79]) Helios Exportz. 1913, S 731, [80]) El. Rev. (Ldn.) Bd 71, S 694. — [81]) ETZ 1913, S 1180. — [82]) Helios Exportz. 1913, S 3236. — [83]) El. World Bd 61, S 586. — [84]) Reinicke, Helios Exportz. 1913. S 1668. — [85]) ETZ 1913, S 685. — [86]) Helios Exportz. 1913, S 442. — [87]) H. Schmidt, El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 555. — [88]) Vogel, Mitt. Oberschl. Bez. Ver. D. Ing. 1913, S 1, 25. — [89]) El. Rev. (Chic.) Bd 61 S 1235. — [90]) Peck, El Masch.-Bau 1913, S 18. — [91]) Taylor, Power User Bd 8, S 9. [92]) El. World, Bd. 61, S 314. — [93]) ETZ 1913, S 307. — [94]) El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 576. — [95]) ETZ 1913, S 280. — [96]) Hoepp, ETZ 1913, S 33, 55. — [97]) Kraus, El. Masch.-Bau 1913, S 717, 744. — [98]) Niethammer, El Masch -Bau 1913, S 33. — [99]) Jessup, Eng. Min. Jl. Bd 94, S 1031. — [100]) El. Engineering, Bd 8, S 72. — [101]) Helios, Exportz. 1912, S 2713. — [102]) Electrician (Ldn) Bd 70. S 1171. — [103]) Electrician (Ldn) Bd 70, S 1144. — [104]) El. World Bd 61, S 692. — [105]) El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 834. — [106]) Pätzelt, El. Masch.-Bau 1913, Festn. S 32. — [107]) Michalke, Mitt. S. u. H. 1. Jg. S 5. — [108]) Magraw, ETZ 1913, S 674, 709. [109]) Der Elektrotechniker 1913, S 143. — [110]) Kuhlmann, K., Arch El. Bd 1, S 110, 150. — [111]) Helios Exportz. 1912, S 2558. — [112]) Helios Exportz. 1913, S 2694. — [113]) Haußer, El Kraftbetr. 1913, S 646, 653. — [114]) Defert, El Masch.-Bau 1913. S 542 — [115]) El World, Bd 62, S 102. — [116]) Edler, Leipzig, Hachmeister & Thal (Helios) 1913. — [117]) El. Masch.-Bau 1913, S 729. — [118]) Randall, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1885. — [119]) Jacobs, El. Rev. (Chic.) Bd 62 S 1339. — [120]) El. World Bd 61, S 1380. — [121]) Helios Exportz. 1913, S 917. — [122]) Orton, El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 4. — [123]) Helios Exportz. 1913, S 75. — [124]) Heußer, El. Kraftbetr. 1913, S 731. — [125]) Simon, A., El. Masch.-Bau 1913, S 673. — [126]) Vogelsang, ETZ 1913, S 1. — [127]) Mahoney, El. Masch.-Bau 1912, S 925. —

Überspannungen, Störungen, Gefahren, Korona.

Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen.

Überspannungen. Mit den Worten „Wanderwellen und Sprungspannungen“ kann man den Hauptinhalt der wichtigsten Arbeiten kennzeichnen. Obwohl sehr oder, besser gesagt, viel zu ausgedehnte Freileitungsnetze und große Kabelnetze hauptsächlich unter Schwingungserscheinungen mit niedriger Frequenz zu leiden haben — deren Bekämpfung übrigens noch in den ersten Anfängen steckt —, war die fast einseitig zu nennende Beschäftigung mit einer Gruppe von Störenfrieden, den Wanderwellen, nötig. Denn eine Reihe von grundsätzlichen Fragen des Überspannungsschutzes sind einer befriedigenden Lösung wesentlich nähergerückt worden. Der Schutz gegen Sprungspannungen wird in den Vordergrund geschoben; er besitzt vielleicht eine noch höhere Bedeutung als der Schutz gegen die absolute Höhe von Überspannungen.

Petersen[1]) und Pfiffner[2]) geben die recht einfachen Grundlagen für die zahlenmäßige Berechnung des Schutzwertes von Kondensatoren, Drosselspulen und Funkenableitern mit Dämpfungswiderständen. Ein Gegensatz zwischen Kondensator und Drosselspule existiert in Wirklichkeit nicht. Beide sind, wenigstens rechnungsmäßig, im gleichen Maße zum Schutze der Wicklungen von Apparaten gegen Sprungspannungen geeignet; ihre Verbindung gibt den bestmöglichen Schutz. Außerdem ist jedoch der Kondensator noch in der Lage, die Höhe der Überspannungen herabzusetzen.

Auf jeden Fall ist, wie Petersen[3]) für eine Reihe von Fällen zeigt, die Drosselspule nur mit Vorsicht zu gebrauchen, da sie bei genügender Größe Schaltanlagen oder kurze Leitungsstrecken im elektrischen Sinne von der übrigen Anlage trennt und die abgetrennten Teile, welche sie eigentlich schützen soll, gefährdet. Dementsprechend ist die Beseitigung von Drosselspulen am unrichtigen Platze erforderlich. Induktivitäten im Zuge von Leitungen sind durch

ohmsche Widerstände zu überbrücken. Eine der grundsätzlichen Forderungen des vorbeugenden Überspannungsschutzes: der Grundsatz der Heranziehung der ausgleichenden Wirkung vorhandener Leitungen, wird hierdurch erfüllt. Neben diesem einen soll sich als zweiter Grundsatz die Trennung des im überspannungstechnischen Sinne unruhigen Betriebes von dem ruhigen Betrieb, d. h. die Trennung von Freileitungsanschlüssen von den übrigen Anschlüssen, in der Disposition der Schaltanlage ausprägen. Auch auf den Schutz der Stromwandler durch Parallelwiderstände und den Schutz der Spannungswandler durch Serienwiderstände wird hingewiesen[4]).

Waeber und Capart[5]) bringen eine sehr lehrreiche Betriebsstörungsliste über ein ausgedehntes Freileitungsnetz, in welchem allmählich der Hörnerschutz durch den Kondensatorenschutz ersetzt worden ist. Von Ringwald[6]) wird im Anschluß an die Verhandlungen der Überspannungsschutzkommission des S E V darauf hingewiesen, daß die Verwendung von Kondensatoren in der Schweiz immer mehr zunimmt. Ein Nachtrag zu diesem Berichte gibt verschiedene einfache Mittel zur Kontrolle von Überspannungserscheinungen an. Es wäre sehr erwünscht, wenn, insbesondere bei Freileitungsanlagen, mehr nach dieser Richtung hin gearbeitet würde. Mitteilungen, wie sie z. B. von Fertsch[7]) gebracht werden, welcher an einer 20 km langen, nicht im Betrieb befindlichen Dreiphasenleitung bei schwülem Wetter statische Spannungen von über 65 000 V (auf der obersten Phase) beobachtet hat, sind außerordentlich wertvoll. Derartige Erscheinungen werden bisweilen bei der Montage von Leitungen beobachtet, ebenso wie bei zeitweise außer Betrieb gesetzten Leitungen. Die Veröffentlichung von derartigen Beobachtungen würde das ebenso wichtige wie unklare Gebiet klären helfen.

Irrströme. Einen sehr guten Überblick über den heutigen Stand der Irrstromfrage geben 2 Vorträge von F. Besig[8]) und H. Buschbaum[9]). Nach wie vor steht die Einwirkung von Irrströmen auf Eisenbeton im Mittelpunkt des Interesses. Die amerikanischen Untersuchungen[10]) haben ihren vorläufigen Abschluß gefunden; ihre Ergebnisse stimmen mit denen des deutschen Ausschusses für Eisenbeton[11]) überein bis auf einen Punkt, nämlich die von den Amerikanern festgestellte Betonerweichung an der Kathode. Denn weder der deutsche Ausschuß noch Berndt[12]) konnten diese Erweichung feststellen. Trockner Beton und Stampfbeton sind gegen elektrische Einflüsse unempfindlich. Dagegen wirken die Irrströme auf feuchten Eisenbeton außerordentlich schädlich ein. Die Schädigung äußert sich in Zersprengungen des Betons an der Anode, welche durch die Volumzunahme des oxydierenden Eisens verursacht werden. Bereits 1% Salzzusatz zum Beton verstärkt die Erscheinungen hundertfach. Neben der peinlichsten Vermeidung von Salzzusatz zum Beton wird gute Isolierung sämtlicher elektrischer Leitungen und der in das Gebäude tretenden Rohrleitungen sowie möglichste Trockenhaltung des Betons empfohlen.

Gefahren, Unfälle, Schutz. Der bayerische Revisionsverein[13]) hat eine Reihe von Verhaltungsmaßregeln in der Form von neun Geboten zum Gebrauch für die Schulen herausgegeben. Es ist dies ein Vorgehen, dessen Nachahmung sehr zu empfehlen ist.

Auf dem Breslauer Verbandstage sind neue „Leitsätze über Schutzerdungen"[14]) herausgegeben worden, ohne daß allerdings mit diesen die so ungemein wichtige Frage zum Abschluß gekommen ist. Dies zeigt sich in dem sehr lebhaften Meinungsaustausch, z. B. in der Erdungskommission. Aus den ländlichen Versorgungsgebieten (z. B. Rheinland, Württemberg usw.) laufen in geradezu beunruhigender Weise Meldungen über in den Ställen erschlagenes Vieh (insbesondere Kühe) ein. Sehr viel hat der Vorschlag für sich, die zu hohe Verteilungs(Wechsel)spannung in den Ställen durch Reduktoren auf einen ganz unschädlichen Wert herabzudrücken.

Die von S. Ruppel[15]) eingehend untersuchte Oberflächenerdung, die z. B. aus verzinktem Eisenband besteht, das zwei Spaten tief eingegraben wird,

liefert vorzügliche Ergebnisse und wird von dem Wechsel der Bodenfeuchtigkeit sehr wenig berührt, ganz im Gegensatz zu den Plattenerdungen, die beim Absinken des Grundwasserspiegels versagen.

Korona. Im Anschluß an seine klassischen Untersuchungen über die Glimmverluste teilt F. W. Peek[16]) jr. eine Reihe von Meßergebnissen über die kritische Weglänge an Zylindern und Kugeln mit. Sie erbringen ebenso wie Arbeiten von Whitehead und Fitch[17]) sowie Bennett[18]) eine weitere Bestätigung für die von Peek aufgestellte Beziehung $r' = 0{,}3\sqrt{r}$, welcher aussagt, daß der Durchbruch an der Oberfläche eines zylindrischen Leiters von r cm Radius dann einsetzt, wenn die Beanspruchung im Abstande r' von der Oberfläche des Leiters die Durchschlagsfestigkeit der Luft (21,5 kV-cm bei 760 mm Druck und $273 + 20^0$ absoluter Temperatur) überschreitet. Diese auf empirischem Wege gefundene Formel ist auch insofern wertvoll, als sie die Kenntnis der verschiedenen scheinbaren Festigkeiten der Luft überflüssig macht; r' wäre die Dicke der scheinbar dielektrisch festeren Lufthülle. In der Formel läßt sich durch Einführung von Korrektionskoeffizienten Druck und Temperatur berücksichtigen. Auch diese erfahren über einen weiten Bereich von Druck- und Temperaturänderung ihre Bestätigung. Die Theorie der Stoßionisierung gibt die ungezwungenste Erklärung für das eigenartige Verhalten von Gasen unter elektrischer Beanspruchung. Strong[20]) zeigt, daß die positiven Glimmverluste wesentlich höher sind als die negativen Glimmverluste, und daß der unvollkommene Durchbruch — die Glimmerscheinung — bei positiven Elektroden wesentlich früher in den vollkommenen Durchbruch — Funkenüberschlag — übergeht. Außerordentlich interessant sind eine Reihe von oszillographischen Aufnahmen, welche Bennett[18]) an einer konzentrischen Anordnung von glimmendem Leiter und ihn umhüllenden metallischen Zylinder aufgenommen hat, interessant auch insofern, als er die experimentelle Bestätigung einer von Harbich[21]) vorausgesagten Erscheinung bringt. Die Kapazitätszunahme eines glimmenden Leiters erfolgt so plötzlich beim Einsetzen der Glimmerscheinung, daß hierdurch Schwingungen mit verhältnismäßig geringer Dämpfung ausgelöst werden, und zwar geschieht dies dann, wenn der glimmende Leiter Kathode ist. Im Gegensatz hierzu stehen die oszillographischen Aufnahmen von Weidig und Jaensch[22]). Während Bennett ein Zusammenfallen des plötzlichen Stromanstieges mit der Glimmspannung feststellt, tritt in den Aufnahmen von Weidig und Jaensch eine sehr starke Phasenverschiebung zwischen kritischer Spannung und plötzlichem Stromanstieg auf. Im Einklang mit Ergebnissen von Harbich zeigen die im Laboratorium von Görges[23]) aufgenommenen Glimmverluste eine starke, allerdings nicht proportionale, aber doch lineare Abhängigkeit von der Frequenz. Mit Zunahme der Frequenz steigen die Glimmverluste linear an, und zwar sind die Unterschiede in den Verlusten um so bedeutender, je näher die Versuchsspannung am kritischen Punkte liegt.

[1]) Petersen, ETZ 1913, S 167. — [2]) Pfiffner, El. Masch.-Bau 1912, S 953; 1913, S 45. — [3]) Petersen, Arch. El. Bd 1, S 234. — [4]) Ders., ETZ 1913, S 665. — [5]) Waeber u. Capart, Technique Moderne 1912, S 385; El. Masch.-Bau 1913, S 258. — [6]) Ringwald, Bull. Schweiz. El. Ver. 1913, S 45, 69. — [7]) Fertsch, ETZ 1913 S 727. — [8]) Besig, Jl. Gasbeleucht. 1913, S 49. — [9]) Buschbaum, Schweiz. El. Z. 1913, S 97. — [10]) Schick, ETZ 1913, S 131. — [11]) Ebenda S 1490. — [12]) Berndt, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1913, Nr. 80. — [13]) ETZ 1913, S 99. — [14]) ETZ 1913, S 691, 807. — [15]) Ruppel, ETZ 1913, S 1221. — [16]) Peek, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1337. — [17]) Whitehead u. Fitch, ebenda S 1317. — [18]) Bennett, ebenda 1913, S 1473. — [20]) Strong, ebenda S 1305. — [21]) Harbich, Dissertation Darmstadt. — [22]) Weidig u. Jaensch, ETZ 1913, S 637. — [23]) Görges, ebenda S 782.

IV. Kraftwerke und Verteilungsanlagen.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung.

Von Oberingenieur Heinr. Büggeln.

Trotz aller Anstrengungen der Gegenpartei hat die Konzentration der Energieerzeugung auch in diesem Berichtsjahre weitere Fortschritte gemacht. Man kommt in Kreisen der Industrie immer mehr zu der Überzeugung, daß der Anschluß an ein großes Kraftwerk in den meisten Fällen mindestens ebenso wirtschaftlich ist wie der Betrieb einer eigenen Kraftanlage. Es bedarf keiner weiteren Erörterung, daß durch solche Anschlüsse von Großabnehmern die Wirtschaftlichkeit der Kraftwerke ganz bedeutend gesteigert werden kann.

Klingenberg[1]) empfiehlt erneut die Errichtung ganz großer Kraftwerke möglichst direkt an den Energiequellen. In seinem Breslauer Vortrage zeigt er die Mittel und Wege, die eine vorteilhafte Verteilung der Energie über ganz große Gebiete ermöglichen. Um die bei großen Leistungen wiederholt vorgekommenen Ölschalterexplosionen, die die Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit so schwer gefährden, zu verhindern oder wenigstens unschädlich zu machen, schlägt er eine ganz neue Schaltungsanordnung vor, bei der die Ölschalter in der eigentlichen Schaltanlage ganz beseitigt und durch magnetisch betätigte Luftschalter unter Anordnung einer Hilfssammelschiene ersetzt werden. Letztere ist mit der Hauptsammelschiene durch einen oder zwei Ölschalter (einer als Reserve) verbunden. Die Ölschalter können in einem von der Schaltanlage ganz getrennten, feuersicheren Raume untergebracht werden.

Auch mit der sehr viel umstrittenen Frage, wer die Großkraftwerke bauen soll, beschäftigt sich Klingenberg eingehend. Er hält es für erwünscht, daß sich der Staat beteiligt und für Einräumung von Enteignungsrechten und sonstigen Machtvollkommenheiten sorgt. Die so gegründeten Unternehmungen müssen sich verpflichten, an vorhandene und neu entstehende Werke innerhalb des ihnen zugewiesenen Aktionsradius zu festgelegten Bedingungen Strom zu liefern. Klingenberg macht dann noch weiter Vorschläge, wie die bestehenden Unternehmungen am Gewinn des Großkraftwerkes in zweckmäßiger Weise beteiligt werden können.

Daß Großkraftwerke auch ohne Staatshilfe bestrebt sind, bestehende Werke stillzusetzen und als Großabnehmer zu erhalten, läßt sich fast überall feststellen. So ist beispielsweise die Stadt Freiburg i. B.[2]) Abnehmerin der Oberrheinischen Kraftwerke in Mülhausen i. E. geworden. Letztere haben wiederum den Betrieb ihrer eigenen Dampfkraftwerke erheblich eingeschränkt und beziehen die Energie vom Rheinkraftwerk Wyhlen der Badischen Kraftübertragungswerke Rheinfelden mit 44 000 V. Neuerdings wird auch vom Kraftwerk Laufenburg eine Leitung für 80 000 V nach Mülhausen gebaut, und vielleicht wird in allernächster Zeit die Akkumulierungsanlage Schwarzer und Weißer See[3]) in den Hochvogesen zur Ausführung kommen. Hier soll die gesamte in Wyhlen und Laufenburg jeweils überschüssige Energie dazu verwendet werden, einen Teil des Wassers aus dem 904 m hoch gelegenen Schwarzen See in den 1054 m hohen Weißen See zu pumpen. Von der jeweils aufgespeicherten Energie können dann etwa 17 000 kW 10 Stunden lang zurückgewonnen werden. Ferner hat Laufenburg mit Mülhausen zusammen die Badische Kraftlieferungsgesellschaft in Freiburg gegründet, die das Dampfkraftwerk der Überlandzentrale Oberhausen stillgesetzt hat und die Umgebung von Freiburg mit Strom versorgt.

Mehrfach wird darauf hingewiesen, daß die Wirtschaftlichkeit durch Vereinigung der Stromerzeugung für normale Zwecke und für Bahnen gesteigert werden kann. Solche Bestrebungen finden wir gegenwärtig vorwiegend in den Vereinigten Staaten. Darlington[4]) weist nach, daß die Stromkosten eines Eisenbahnkraftwerkes um so mehr sinken, in je größerem Maße andere Betriebe mit versorgt werden. Er empfiehlt daher überall, wo elektrische Zugförderung eingeführt wird, das vom Schienenweg durchschnittene Gebiet gleichzeitig mit Strom zu versorgen. Auch Insull[5]) berichtet über die wirtschaftlichen Vorteile einer solchen Vereinigung, durch die allein für Amerika eine Kohlenersparnis von jährlich etwa 250 Mill. t berechnet werden kann. In Chicago hat er seine Vorschläge bereits verwirklicht, ebenso auch bei einer kleineren Anlage, deren Aktionsradius von 39 000 auf 100 000 Einwohner ausgedehnt wurde. Die Erzeugungskosten fielen von 7,08 auf 2,87 cents/kWh, und infolge der Stromverbilligung von durchschnittlich 9,4 auf 7,7 cents/kWh stiegen die Verbrauchswerte von jährlich 40 auf 85 kWh auf den Kopf der Bevölkerung. Obgleich die Belastung von 1438 auf 3537 kW wuchs, stieg die Stromspitze nur von 415 auf 765 kW, der Belastungsfaktor dagegen von 14,6 auf 28,9 %.

In zahlreichen Veröffentlichungen wird der günstige Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit durch solche Anlagen besprochen, die die elektrische Energie entweder als Nebenprodukt erzeugen oder zu Zeiten geringer Belastung für die Gewinnung von Nebenprodukten verwenden.

Zu den ersteren Anlagen zählen Wasserkraftanlagen, die hauptsächlich für Zwecke der Schiffahrt, der Nutzwasserversorgung oder der Unschädlichmachung von Hochwasser dienen. Büggeln[6]) hat besonders auf die wirtschaftliche Bedeutung der Talsperren hingewiesen und mehrere Beispiele dafür angegeben. Auch die zahlreichen Müllverbrennungsanlagen, die in letzter Zeit entstanden sind, gehören hierher. Tillmann[7]) berichtet über die Anlage Fürth, in der aus 1 t Müll bei 6 kg Dampf/kWh 167 kWh gewonnen werden können, wovon 8 kWh für Gebläse und Kranbetriebe verbraucht werden.

Die an zweiter Stelle genannten Anlagen haben hauptsächlich in Amerika Bedeutung erlangt. Bei uns befassen sich die Kraftwerke weniger mit der Erzeugung von Nebenprodukten, sondern sie überlassen das lieber besonderen Gesellschaften (chemischen Fabriken), die den jeweils überschüssigen Strom entsprechend billig bekommen. In Amerika spielt die Eisproduktion eine große Rolle, zumal in der heißen Sommerszeit große Nachfrage herrscht. Daher sind auch gute Erträgnisse zu verzeichnen. So hat das Kraftwerk einer kleinen Stadt von 2000 Einwohnern in Texas[8]) eine Rente der Eisanlage von 13,75% bei 16 000 Dollar Anlagekosten erzielt. Verkauft wurden in sechs Monaten eines Jahres 2000 t Eis für 12 000 Dollar, während sich die gesamten Unkosten auf 9800 Dollar stellten.

Von großer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit ist die Sicherheit der elektrischen Starkstromanlagen. Vor allem muß das Bewußtsein dieser Sicherheit in der Bevölkerung geweckt werden. Es ist ein Verdienst Dettmars[9]), diese Frage eingehend geprüft und behandelt zu haben. Er weist nach, daß die Sicherheit elektrischer Anlagen seither ganz falsch bewertet worden ist, und zeigt den Weg, wie das in richtiger Weise zu erfolgen hat. Dabei kommt er zu dem Ergebnis, daß die Sicherheit nicht nur ständig steigt, sondern daß die Zahl der Unfälle und Brände, die durch die Elektrizität vermieden wurde, viel größer ist als die Zahl, die durch sie veranlaßt wurde.

Nicht unerwähnt seien die Bestrebungen, minderwertige Brennstoffe, deren Versand mit der Bahn sich nicht lohnt, am Ort der Gewinnung zur Energieerzeugung zu benutzen. Das hat zu einer weiteren Vervollkommnung der Kesselfeuerungen geführt. Auch die Verbrennung von Rauchkammerlösche der Lokomotiven, die noch bedeutende Wärmemengen enthält, aber auf Kettenrosten und anderen mechanischen Feuerungen nicht verbrannt werden kann, ist neuerdings mit Unterwindfeuerungen nach Pluto-Stoker möglich geworden.

Hierüber erstattet Nerger[10]) Bericht und beschreibt dabei die Versuche der Eisenbahndirektion Breslau.

Als vorzügliches Mittel für die Steigerung der Wirtschaftlichkeit sei schließlich die elektrische Kupplung benachbarter Kraftwerke erwähnt. Über die Vorbedingungen hierzu berichtet Arbeiter[11]), wobei er betont, daß allerdings die oftmals verschiedenen Stromarten, Frequenzen und Spannungen Schwierigkeiten machen, anderseits aber neben einer größeren Betriebssicherheit die Generalunkosten vermindert und allerhand Ersparnisse erzielt werden. Vor allem wächst die Betriebssicherheit, da sich die gekuppelten Kraftwerke gegenseitig ergänzen und aushelfen können.

Tarife. Im Berichtsjahre ist der Tariffrage wieder viel Beachtung geschenkt worden, was die überaus zahlreichen Veröffentlichungen und Kritiken beweisen. Besonderes Interesse erregt nach wie vor der bereits im Vorjahre erwähnte Potsdamer Tarif, der gleichzeitig einen Grundpreis und einen Preis für die kWh vorsieht. Schulte[12]) hat gegen den Tarif verschiedene Bedenken, wenigstens gegen seine Verwendung bei kleinen Abnehmern. Er berechnet, daß sich bei einem Stromverbrauch von 140 kWh in einer Vierzimmerwohnung die kWh auf 40 Pf, in einer Sechszimmerwohnung dagegen auf 70 Pf stellt. Norberg-Schulz[3]) äußert ähnliche Bedenken. Er möchte für Kleinabnehmer bis etwa 300 W Anschlußwert einen Pauschaltarif ohne Kontrollapparat verwendet wissen, von dem in Kristiania 75% aller Abnehmer Gebrauch machen. Sowohl Wikander[13]) als auch Warrelmann[14]) treten dem entgegen. Letzterer erklärt den Tarif für den besten, bei dem der gesamte Strom nach dem Kraftstrompreis berechnet und für die Mehrkosten des Lichtstromes eine zusätzliche Pauschale erhoben wird.

Die reinen Pauschaltarife für kleinere Lichtabnehmer finden verschiedene Verteidiger. Bergmann[15]) berichtet über die günstigen Erfahrungen bei den Oberschlesischen Elektrizitätswerken. Dort waren 1912 insgesamt 5148 Zähleranschlüsse und 16 293 Pauschalanschlüsse, letztere für 3135 kW Belastung vorhanden. Die Pauschalanschlüsse brachten 782 720 M Einnahmen. Jeder Pauschalabnehmer bekommt ausnahmslos einen Strombegrenzer. Während früher nur Abnehmer bis zu 400 W Anschlußwert pauschal angeschlossen wurden und der Preis für das Jahreskilowatt auf 300 M festgesetzt war, werden jetzt auch größere Anschlüsse pauschal berechnet. Dabei sind die Tarife für Stromabnehmer mit mehr als 100 W Anschlußwert etwas verbilligt worden. Nur wenn die Benutzungsdauer nachweislich länger als 1500 Jahresstunden ist, tritt eine Erhöhung um jährlich 60 M/kW ein.

In Berlin-Schöneberg[16]) kostet der Strom für eine Ein-, Zwei- und Dreizimmerwohnung jährlich nur 24 bzw. 36 bzw. 54 M, bei einer Benutzungsdauer bis zu 1500 Jahresstunden. Hierbei können in einer Einzimmerwohnung Lampen von insgesamt 60 Kerzen, in einer Zweizimmerwohnung von 90 Kerzen und in einer Dreizimmerwohnung von 120 Kerzen gleichzeitig (Strombegrenzer) gebrannt werden. Darüber sind die Gaswerke in große Erregung geraten. Sie haben in der Wochenschrift „Die Berliner Hausfrau" den Nachweis versucht, daß der gewöhnliche Zählertarif günstiger ist, weil 1500 Brennstunden angeblich gar nicht erreicht werden.

Markau[17]) empfiehlt die umfangreichere Verwendung von Automaten. Er zeigt, daß sich die Anwendung auch bei Rabattarifen wie in Potsdam ermöglichen läßt. Thierbach[18]) möchte in Kleinbetrieben die Benutzungsdauer mehr berücksichtigt wissen, wie das ja in Großbetrieben der Fall ist. Er tritt deshalb für die von Straus für Kleinmotoren empfohlenen Tarife ein, die er in zwei Tabellen erläutert. Tabelle 1 enthält Grundtaxen für den Anschlußwert und Zuschlagspreise für die abgegebene kWh, beispielsweise für 2 kWh, eine Grundtaxe von 280 M und ein Zuschlagspreis von 11,1 Pf/kWh. In Tabelle 2 für Benutzungsdauern von 500 bis 3000 Jahresstunden wird der Strompreis bei kleinen Motoren nach der Größe des Anschlußwertes und bei größeren Motoren auf Grund eines Belastungsmessers, wobei auch ein Doppeltarifzähler gewählt

werden darf, bestimmt. Es kostet die kWh bei einem Anschlußwert von 1 kW und bei 500 jährlichen kWh 49,5 Pf, bei 3000 kWh dagegen 19,5 Pf. Bei einem Anschlußwert von 20 kW stellen sich die Kosten bei 10 000 kWh auf 15,5 Pf und bei 60 000 kWh auf 5,3 Pf/kWh.

Strelow[19]) berichtet über die von Landis & Gyr G. m. b. H. in Berlin gemachten drei Vorschläge, die bei Zweileiteranlagen die Einführung von Kraftapparaten in Haushaltungen erleichtern sollen: 1. Der Kraftverbrauch wird während der Tageszeit nach einer Pauschalgebühr, während der Beleuchtungszeit zum Lichttarif berechnet. 2. Der Kraft- und Lichtverbrauch wird in getrennten, aber in gemeinschaftlichem Gehäuse befindlichen Zählerwerken gemessen. 3. Der Kraftstrom wird während der Tageszeit zu einem ermäßigten Preise, während der Beleuchtungszeit zum Lichttarif abgegeben. Die Ausführungen werden durch Schaltskizzen erläutert.

Wikander[20]) vertritt die Ansicht, daß die Zahl der Anhänger solcher Tarifsysteme, die den Abnehmern mehrere leichtfaßliche Tarife zur Auswahl lassen, im Wachsen begriffen ist. Er führt als neues Beispiel die Tarifreform in Offenbach an. Auch Neukölln[21]) ist diesem Beispiele seit Oktober 1911 gefolgt und hat seinen Stromumsatz seit der Zeit fast verdoppelt. Schließlich sei auch noch der von Warrelmann[22]) in Fürth eingeführte Tarif erwähnt, der ebenfalls auf der soeben genannten Grundlage beruht.

Büggeln[23]) macht nochmals auf den ungünstigen Einfluß der Eigenverbrauchsverluste von Wattstundenzählern bei Kleinkonsumenten aufmerksam, und zwar als Entgegnung auf Einsprüche, die Ziegenberg und Baltzer erheben. Er weist auch besonders auf den ungünstigen Einfluß zu hoher Zählermieten hin. Als Beispiel wird u. a. Stuttgart erwähnt, das inzwischen nicht nur diese Mieten wesentlich herabgesetzt, sondern auch den Doppeltarif abgeschafft hat. Das ist bemerkenswert, weil letzterer Tarif hier meines Wissens zuerst in größerem Maßstabe eingeführt wurde, sich aber mit Rücksicht sowohl auf die dadurch bedingten hohen Zählermieten, als auch auf das bedeutende Anlagekapital in keiner Weise bewährt hat. Das besonders von dem Tarif erhoffte Zurückweichen der Abendspitze ist ebenfalls nicht im gewünschten Maße eingetreten.

Von Interesse sind noch die Tarife, die große Wasserkraftunternehmer mit Großabnehmern zu vereinbaren pflegen. Man merkt hierbei deutlich den Einfluß einer etwa vorhandenen Speicheranlage. Werke wie Laufenburg, die nicht aufspeichern, suchen das Jahreskilowatt zu verkaufen. So bezahlt Freiburg i. B.[24]) auf dem Umwege über Mülhausen i. E. für die ersten 1000 kW Jahresmaximum 125 M/kW Jahr bei einer maximalen Abnahmeberechtigung bis zu 3000 kW. Dabei darf der Leistungsfaktor nicht kleiner als 0,7 sein. Jedes weitere kW kostet jährlich 48 M zuzüglich 2,5 Pf/kWh, höchstens jedoch 150 M/kW Jahr. Der Jahreshöchstbedarf wird als Mittelwert aus den vier höchsten, in vier verschiedenen Wochen durch aufzeichnende Leistungsmesser festgestellten Stundenmaxima ermittelt. Das badische Murgkraftwerk[25]) mit seinen Stauseen will dem Vorschlag von Agthe zufolge Kilowattstunden verkaufen und für jedes angeschlossene kW zwar eine Grundgebühr von 40 M, außerdem aber einen Preis für jede verbrauchte kWh berechnen.

Im Ausland finden wir fast überall die gleichen Bestrebungen wie in Deutschland. Rosenbaum[26]) berichtet über die Tarifbewegung in Österreich und Sartori[27]) über das neue System der kommunalen Anlage Modena. Allerdings bezweifelt er, ob dieses überaus komplizierte System sich bewähren wird. Wilmshurst[28]) spricht sich sehr eingehend über die in England üblichen Tarife aus, besonders auch über die Zukunft des elektrischen Heizens und Kochens. Er weist nach, daß das hervorragende Ergebnis des Gaskochens durch Vermietung (10%) oder sogar kostenlose Leihe der Apparate erzielt wird. W. stellt dann Zahlenvergleiche zwischen dem Kochen mit Kohlen, mit Gas und mit Elektrizität an und beruft sich dabei auf praktische, in Derby angestellte Versuche. Als günstigsten Tarif empfiehlt er den Norwich-Tarif, der dem Potsdamer

Tarif ähnlich ist, und den Telephontarif, bei dem der Grundpreis auf dem Anschlußwert für Licht beruht. In Marylebone beträgt der Grundpreis 70% des Lichtanschlusses bei einem Anschlußpreis von 280 M/kW, während außerdem jede kWh noch 8,5 Pf kostet. Auch aus anderen Städten werden Beispiele angeführt.

In Nordamerika finden Tarifsysteme, die eine Grundgebühr für das angeschlossene oder durch Strombegrenzer begrenzte kW und außerdem die Berechnung eines geringen Preises für jede verbrauchte kWh vorsehen, ebenfalls immer mehr Verbreitung. Interessante Vorschläge macht Eisenmenger[29]), der die Tariffrage theoretisch behandelt und Raumkurven konstruiert, wie sie ähnlich schon 1905 von Agthe in einem Sonderdruck aus den Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke veröffentlicht wurden. Eisenmenger nennt sein System das Vielfach-Tarifsystem. Es berücksichtigt die jeweiligen Stromverbrauchsschwankungen und verlangt eine Minimalgarantie für die Stromentnahme. Die drei grundlegenden Größen, die er in sein räumliches Koordinatensystem einzeichnet und nach denen er seine Stromtabellen anfertigt, sind: 1. die in einem Monat erreichte Höchstbelastung, 2. der gesamte monatliche Stromverbrauch und 3. die monatliche Rechnungsendsumme. Auf diese Weise bildet er Tarifkörper, die sich dann in Tabellen auswerten lassen.

Auch Laudien[30]) und Volhard[31]) behandeln die Tariffrage wissenschaftlich, letzterer in Anlehnung an den Halleschen Tarif. Beide Berichterstatter gipfeln ebenfalls auf einer möglichst umfangreichen Benutzungsdauer. Schließlich sei noch auf die sehr beachtenswerten Ausführungen von Thierbach[32]) verwiesen, der Vorschläge für die günstige Ausnutzung des Maximaltarifes bei Bahnbetrieben macht und dafür Formeln angibt.

Erweiterungen des Absatzgebietes der Elektrizitätswerke. Sehr vielseitig sind wiederum die Vorschläge zur Steigerung des Stromabsatzes und der Wirtschaftlichkeit. Ely[33]) will die Anschlußziffern durch größere Heranziehung der Installationsfirmen heben und macht hierzu sehr bemerkenswerte Vorschläge. In Amerika[34]) bilden die elektrischen Unternehmungen ihr Personal mittels eigener theoretischer und praktischer Kurse für die Werbetätigkeit aus, zum Teil in eigenen Instituten, die von mehreren Unternehmungen gemeinschaftlich errichtet werden. Meyer[35]) macht auf die in Amerika (übrigens auch in Deutschland) übliche Leihe von Gebrauchsgegenständen, Abhaltung von Wanderausstellungen u. dgl. aufmerksam. Die Hartford Electric Light Co.[36]) hat sich sogar entschlossen, die Metalldrahtlampen kostenlos zu erneuern, um den Stromabsatz zu heben. Eiler[37]) teilt seine Erfahrungen über Gratishausinstallationen mit und weist nach, daß sich hierbei das Kapital selbst bei hohen Abschreibungen befriedigend verzinst. Ferner wird der Stromverbrauch gesteigert, so daß ein durch die Metalldrahtlampen bedingter Ausfall nicht bemerkbar wird. Auch Heumann[38]) berichtet, daß die Gratisinstallationen im Straßburger Werk sehr zur Hebung des Stromabsatzes beigetragen haben. Er bespricht ferner die Art und Weise, in der diese Installationen in Straßburg ausgeführt werden. Schließlich sei noch ein Vortrag von Collier[39]) erwähnt, in dem die Aufmerksamkeit auf Hotelanschlüsse gelenkt und an vier Beispielen nachgewiesen wird, daß sich neuzeitlich eingerichtete Hotels bei Bezug von Energie zu den heute üblichen Bedingungen günstiger stellen als bei Betrieb einer eigenen Wärmekraftanlage mit Abdampfverwertung.

Statistik. Nach Siegel[40]) lieferten in Deutschland Anfang 1913 etwa 3000 Elektrizitätswerke an etwa 13 000 Ortschaften mit etwa 44 Mill. Einwohnern Energie. Die gesamte Maschinenleistung betrug Anfang 1911 etwa 1,25 Mill. kW und das Anlagekapital, einschließlich Anschlußanlagen, etwa 2,7 Milliarden M. Klaiber[41]) stellt Berechnungen über den Wert der Elektrizitätswerke Württembergs an und kommt auf einen Betrag von rd. 113 Mill. M einschließlich Privateinzelanlagen, aber ausschließlich Hausinstallationen. Auch Osten[42]) bringt in verschiedenen Tabellen statistische Angaben über die Entwicklung der im Betrieb befindlichen Unternehmungen und über die Entwicklung der Werke

in ihrer Gesamtleistung. Ferner enthält sein Bericht eine Brandstatistik von 1895 bis 1907. Dettmar[43]) berichtet über die von ihm in Zwischenräumen von je zwei Jahren herausgegebene Statistik der Elektrizitätswerke Deutschlands nach dem Stande vom 1. April 1913. Seit 1911 hat sich die Zahl der Werke von 2526 auf 4040 (Zunahme 1514 gegenüber 548 der Vorperiode) und der Anschlußwert von 2 465 976 auf 3 725 769 kW erhöht. Die Gesamtleistung der Werke betrug 2 095 666 kW, die Zahl der angeschlossenen Glühlampen 24 554 381 (1 227 719 kW), der Bogenlampen 232 190 (116 095 kW), der stationären Motoren 504 315 (1 643 454 kW), die Leistung der Bahnmotoren 417 041 kW, der Anschlußwert der Koch- und Heizapparate usw. 82 842 kW und der Anschlußwert der Transformatoren usw. von Einzelanlagen und Fabriken 238 618 kW. Es ergab sich von 1911 bis 1913 eine Zunahme der abgegebenen kWh von 55,4%, mithin eine Zunahme von jährlich rd. 28% gegenüber 15,5% der vorhergehenden Periode.

Elektrizität und Verwaltung. In Deutschland hat sich gegen das Vorjahr wenig verändert. Nur in Bayern ist ein Umschwung eingetreten, indem man sich dort entschlossen hat, die vom Staat geplanten großen Verteilungsanlagen Privatunternehmern zu überlassen. Umgekehrt fordert das Sächsische Ministerium[44]) die Gemeinden und Gemeindeverbände auf, dem Verbande kommunaler Elektrizitätswerke Sachsens beizutreten und die Stromversorgung der Gemeinden möglichst nicht Privatunternehmern zu überlassen. Baden[45]) hat eine besondere Abteilung für Wasserkraft und Elektrizität gegründet, die der Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaues angegliedert ist. In Hamburg[46]) hat sich der Senat zur Beteiligung an einem gemischtwirtschaftlichen Unternehmen entschlossen, weil er einen rein kommunalen Betrieb für nachteilig hält. Anderer Ansicht ist der Eilenburger Bürgermeister Dr. Belian, über dessen Vortrag auf der vierten Mitgliederversammlung des Reichsverbands Deutscher Städte Thierbach[47]) berichtet. Witt[48]) stellt sich wiederum auf den Standpunkt, daß in Fällen, in denen das Kraftwerk nicht nur Kommunen und deren Einwohner sondern auch Großabnehmer versorgt, die Verwaltung des Werkes von der sonstigen kommunalen Verwaltung losgetrennt und in Form einer handelsgesetzlich zugelassenen, juristischen Person, am besten auf gemeinwirtschaftlicher Grundlage, selbständig gemacht wird.

Auch im Ausland ist die Frage, wer die Elektrizitätsversorgung übernehmen soll, überall brennend. Bidault des Chaumes[49]) macht darauf aufmerksam, daß in Frankreich auf Grund der Gesetzesbestimmungen aus den achtziger Jahren kommunale Werke unzulässig sind, weil die Regierung sie als kommerziell und nicht als gemeinnützig ansieht. In Ägypten sind nach Hochstein[50]) nur noch kommunale, vom Staat beaufsichtigte Unternehmungen möglich. In vielen Punkten kann die von Schouten[51]) erwähnte holländische Gesetzesvorlage für uns vorbildlich sein, besonders was die Leitungsführung über Grundstücke anbelangt. Jeder Privatunternehmer bedarf der Staatskonzession, die nur auf unbestimmte Zeit erteilt wird. Anderseits soll der Staat verpflichtet sein, die Anlage bei Kündigung der Konzession zu im voraus festgesetzten Bedingungen zu erwerben und im Kriegsfalle Entschädigungen zu bezahlen. Endlich sei auch noch Österreich[52]) erwähnt, das eine Gesetzesvorlage vorbereitet. Sie soll wohl industriefreundlich sein, gleichzeitig aber auch die Bedürfnisse der anderen Erwerbszweige, vor allem der Landwirtschaft und des Kleingewerbes, berücksichtigen.

[1]) Klingenberg, ETZ 1913, S 315, 697 usw. — [2]) ETZ 1913, S 67. — [3]) ETZ 1913, S 977. — [4]) Darlington, Proc. Am. Inst. El. Eng., Bd 31, 1912, S 1729. — [5]) Insull, Proc. Am. Inst. El. Eng., Bd 31, 1912, S 1473; El. World, Bd 61, S 603. — [6]) Büggeln, Elektrizitätswerk 1913, S 146 usw. — [7]) Tillmann, El. Kraftbetr. 1913, S 156 usw. — [8]) El. World, Bd 61, S 678. — [9]) Dettmar, ETZ 1913, S 523 usw. — [10]) Nerger, Zschr. V. D. Ing. 1913, S 2067—70. — [11]) Arbeiter, Elektrotechnik. 1913, S 101—2. — [12]) Schulte, ETZ 1913, S 15. — [13]) Norberg-Schulz, ETZ 1913, S 39—40. — [13]) Wikander,

ETZ 1913, S 272—3. — [14]) Warrelmann, ETZ 1913, S 273. — [15]) Bergmann, ETZ 1913, S 620—1. — [16]) El. Anz. 1913, S 655 und ETZ 1913, S 449—50. — [17]) Markau, ETZ 1913, S 141—2. — [18]) Thierbach, ETZ 1913, S 472—3. — [19]) Strelow, ETZ 1913, S 593—3. — [20]) Wikander, ETZ 1913, S 1189—90. — [21]) ETZ 1913, S 1214. — [22]) Warrelmann, ETZ 1913, S 1432—3. — [23]) Büggeln, ETZ 1912, S 1241; 1913, S 160—1. — [24]) ETZ 1913, S 3 u. 67. — [25]) ETZ 1913, S 324—7. — [26]) Rosenbaum, El. Masch.-Bau 1913, S 573—6. — [27]) Sartori, ETZ 1913, S 750—1. — [28]) Wilmshurst, El. Rev. (Ldn), Bd 72, S 410. — [29]) Eisenmenger, El. World, Bd 61, S 1085—91. — [30]) Laudien, Elektrizitätswerk 1913, S 83—8. — [31]) Volhard, Elektrizitätswerk 1913, S 88—93. — [32]) Thierbach, El. Kraftbetr. 1913, S 711—4. — [33]) Ely, El. Anz. 1913, S 741 usw. — [34]) ETZ 1913, S 420—1. — [35]) G. W. Meyer, Zeitschr. f. Beleuchtungswesen, Bd 16, 1912, S 342. — [36]) El. Rev. (Chic.), Bd 62, S 885—6. — [37]) Eiler, ETZ 1913, S 1024—5. — [38]) Heumann, ETZ 1913, S 1147—8. — [39]) Collier, El. World, Bd 62, S 432—3. — [40]) Siegel, AEG-Ztg. 1913, Nr. 9; ETZ 1913, S 154. — [41]) Klaiber, ETZ 1913, S 790—1. — [42]) Osten, Elektrizitätswerk 1913, S 1 usw. — [43]) Dettmar, ETZ 1913, S 1447—50. — [44]) ETZ 1913, S 805. — [45]) ETZ 1913, S 596—7. — [46]) ETZ 1913, S 596. — [47]) Thierbach, ETZ. 1913, S 654—5. — [48]) Witt, ETZ 1913, S 1400—1. — [49]) Bidault des Chaumes, Génie Civil vom 31. 8. 1912. — [50]) Hochstein, ETZ 1913, S 215—6 — [51]) Schouten, ETZ 1913, S 474. — [52]) ETZ 1913, S 805—6.

Kraftquellen

Von Eugen Eichel.

Sehr verständlicherweise wurden die Versuche fortgesetzt, Wind, Wasser und Wellen der elektrischen Kraftgewinnung nutzbar zu machen. Eine zusammenfassende, historisch-praktische Arbeit über Windkraftwerke, welche auch die australischen Verhältnisse berücksichtigt, bildete den Gegenstand eines Vortrages auf der Jahresversammlung 1913 der Electrical Association of New South Wales in Sydney, Australien[1]). Die Nachteile, die bisher noch nicht zu überwinden waren, hängen eng zusammen mit der natürlichen Unstetigkeit des Windes als Kraftquelle, welche neben dem Windmotor die Verwendung elektrischer Speicherwerke oder von Verbrennungsmotoren erfordert. Hierdurch werden Windkraftanlagen sehr teuer mit Bezug auf Anlage-, Bau- und Unterhaltungskosten.

Auch die weitere Aufgabe, Ebbe und Flut in den Dienst der angewandten Elektrotechnik zu stellen, wurde weiter verfolgt. Das Probeelektroflutwerk, dessen Pläne im Jahre 1912 auf der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu erheblichen Auseinandersetzungen der sachverständigen Kreise führten, kam in Betrieb[2]). Über die Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit der Anlage dürfte erst die weitere Praxis entscheiden.

Wasserkraftanlagen sehr erheblicher Leistungen beweisen, daß auf diesem Gebiet die Elektrotechnik berufen ist, der Verschwendung der natürlichen Brennstoffe Einhalt zu tun. Besonders in Amerika wurden sehr bedeutende Wasserkraftanlagen dem Betrieb übergeben; erinnert sei besonders an das im endgültigen Ausbau für 200 000 kW Leistung erstellte Werk der Mississippi Power Co. bei Keokuk, eine Anlage, die gleichzeitig die Schiffahrtsverhältnisse des oberen Mississippilaufes verbessert[3]). Während dort große Wassermengen mit niedrigem Gefälle dem Mississippi entnommen werden, müssen in den modernen Talsperren-Elektrokraftwerken meistens die Wasser kleiner Flußläufe — mit je nach der Jahreszeit sehr unregelmäßigen Wassermengen — sorgfältig aufgespeichert werden. Sie dienen außer der Elektrizitätsversorgung der Regelung des schadlosen Abflusses der zeitweilig auftretenden Hochwassermengen. Das häufig erforderliche Unterwassersetzen von bewohnten Grundstücken, ja ganzen Dörfern, welches zur Herstellung der Stauseen erforderlich ist, wird ausgeglichen durch den wohltätigen Einfluß der Talsperre, die Anlieger der Flußläufe gegen die vorher gefürchtete

Gefahr verheerender Überschwemmungen zu schützen und ihnen gleichzeitig stets gleichbleibende Wassermengen für industrielle Zwecke verfügbar zu machen. Wo ihnen größere Wassermengen entzogen werden sollten, entschädigt das Elektrowerk die Anlieger meist durch kostenfreie Lieferung elektrischer Kraft.

In Luxemburg wird dem Plan der Sauertalsperre besondere Aufmerksamkeit geschenkt[4]).

Vom preußischen Abgeordnetenhaus wurde der Entwurf eines Gesetzes, betreffend den Ausbau der Wasserkräfte im oberen Quellengebiet der Weser, angenommen. Es handelt sich bei diesen Anlagen im wesentlichen um zwei Talsperren, welche, abgesehen vom Hochwasserschutz, auch zur Wasserregelung schiffbarer Kanäle und Stromläufe dienen und bei denen die Elektrizität zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Anlage beiträgt.

Im wesentlichen der Kraftversorgung der Mittenwaldbahn dient das Ruetzkraftwerk[5]) in Tirol.

Auch das Porjus-Wasserfallkraftwerk in Schweden verdankt seinen Ursprung im wesentlichen dem Bedürfnis nach billigem Strom der schwedischen Staatsbahn für ihre Eisenerz-Vollbahnstrecke Kiruna-Riksgränsen[6]). Nach vollständigem Ausbau wird das Kraftwerk 10 Maschinensätze von je 8800 kW Leistung enthalten. Die Dynamomaschinen sind dabei unter besonderer Berücksichtigung der Belastung mit geringem Leistungsfaktor gewählt; z. Zt. sind 3 Bahngeneratoren für je 10 000 kVA Wechselstrom von 15 Perioden und 1 Drehstromgenerator für Kraft- und Lichtversorgung zu 11 000 kVA und 25 Perioden aufgestellt. Der Plan einer Wasserkraftverwertung größten Maßstabes betrifft die Nutzbarmachung der oberen Rhone. Sie soll dazu dienen, die Schiffahrtsverhältnisse zu bessern, besonders aber auch Paris mit billiger elektrischer Kraft zu versorgen[7]).

Von Interesse sind auch die Bestrebungen der Wasserkraftverwertung in Afrika, wie die Pläne zur Nutzbarmachung der Panganifälle[8]) und der Stromschnellen des Kongo[9]).

Neben den bekannten Wasserkraftanlagen am Couvryfluß, deren Erweiterung im Berichtsjahr beschlossen wurde, sind die indischen Wasserkraftanlagen zur Versorgung industrieller Unternehmungen in der Stadt Bombay (Indien) mit elektrischer Kraft, bekannt unter dem Namen Thayawerke[10]), als ein Beispiel indischer Großkraftwerke anzusehen. Der endgültige Ausbau des Werkes soll mit acht Maschinen zu 10 000 kVA erfolgen. Die Fernleitungsspannung beträgt 100 000 V.

Zusammenfassend mag nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Elektrowasserwerke meist nicht ausschließlich einem Zwecke dienen, sondern mehreren, sei es zur Regelung der Hochwasser, sei es zur Verbesserung der Stetigkeit des Wasserstandes schiffbarer Flußläufe, sei es in Verbindung mit Sandfängen zur Verhinderung des Versandens bestehender Flußläufe, sei es in Verbindung mit Trinkwasseranlagen. Gelegentlich, wie z. B. in Kolorado und Kalifornien, in erheblichem Umfange auch in Apulien in Italien, wird das Trinkwasser dem Stauweiher nicht direkt entnommen, sondern durchläuft erst die Turbinen des Elektrokraftwerkes, bevor es seinem eigentlichen Verbrauchszweck als Trinkwasser zugeführt wird. Es erzeugt gewissermaßen als Perpetuum Mobile vermöge seines natürlichen Gefälles die Elektrokraft, die an anderer Stelle in Elektropumpeneinheiten zu seiner Förderung auf Hochwasserbehälter für die Trinkwasser-Stadtversorgung erforderlich ist.

Als weitere Naturkraft, welche in sonnenscheinreichen Ländern zur fortlaufenden technischen Ausnutzung reizt, gilt die Sonnenwärme. In Kalifornien und in Ägypten wurden Versuche nach dem Spiegelsystem, in Deutsch-Ostafrika nach dem Treibhaussystem durchgeführt, ohne jedoch zu praktisch erfolgversprechenden Ergebnissen zu führen. Immer noch bildet das feste Brennstoffmaterial in Gestalt von Kohle die überwiegende Quelle der Krafterzeugung.

Die Bestrebung, einerseits minderwertiges Abfallmaterial verbrennen zu können, anderseits der Vorteil der Frachtersparnis auch hochwertiger Brennstoffe führten weiterhin zur Anlage großer Kraftwerke in oder dicht bei Kohlengruben. Besonders trifft dies zu auf die Braunkohlenfelder bei Bitterfeld und auf die Steinkohlenfelder Rheinland-Westfalens und Ober- sowie Niederschlesiens. Aber auch in Amerika, wo die Brennstoffkosten noch nicht von so erheblicher Bedeutung sind wie in Deutschland, wurde ein im Anthrazit-Kohlenrevier Pennsylvaniens gelegenes Großkraftwerk gegründet. Zunächst dient es der Kraft- und Lichtversorgung der benachbarten Industrie, im weiteren Ausbau ist jedoch eine Versorgung des etwa 200 km entfernten New York geplant. Bekannt sind in Amerika übrigens seit langem kleinere Elektrizitätswerke, welche die Halden der Kohlengruben waschen und Waschgut als Brennmaterial benutzen, ferner an den Flußläufen, besonders dem Schuylkillfluß gelegene kleine Werke, welche ihr Brennmaterial aus dem Geschiebe des Flusses herausbaggern.

Abgesehen von Amerika, wo das Naturgas seit vielen Jahren in erheblichem Umfange zur Kesselfeuerung herangezogen wird, kommt dem Naturgas neuerdings in Ungarn eine große Bedeutung zu. Auch die bei Hamburg erbohrte Naturgasquelle soll der Gasversorgung und Kraftwerkzwecken für die Versorgung von Hamburg nutzbar gemacht werden. Der Gebrauch kleinerer Gasmotoren geht ständig zugunsten des Gebrauches von Elektromotoren zurück. Großgasmotoren finden fortlaufend Verwendung in Verbindung mit Hochofen- und Koksofenanlagen. Sie erfreuen sich steigender Betriebssicherheit, welche zurückzuführen ist auf die Verbesserung der Verfahren zur Reinigung der Gase und auf die verbesserte Gießereitechnik. Allerdings bringt es die steigende Reinigung des Gases mit sich, daß es fast geruchlos wird; einerseits angenehm für das Maschinen-Betriebspersonal, anderseits gefährlich, weil sich Undichtigkeiten der Rohrleitungen, Stopfbüchsen usw. nicht gleich durch üblen Geruch bemerkbar machen. Die Ölmotoren, welche sich seit vielen Jahren in Deutschland für Einzelanlagen, besonders solche mit schlechtem Ausnutzungsfaktor bewährten, kommen auch in Amerika, und zwar nach Sulzerscher Bauart, mehr und mehr in Aufnahme. Der Gasteerölbetrieb scheint doch nicht allen weitgehenden Hoffnungen zu entsprechen, welche auf ihn gesetzt wurden; die Stadt Halle, welche die ersten Großmotoren für Gasteeröl in Gebrauch nahm, wählte sich für die Vergrößerung ihrer Anlage den Einbau von Dampfturbinen. Die Verstadtlichung kommunaler Betriebe vereinigt vielfach Gas- und Elektrizitätserzeugung, Wasser- und Abwässerbetrieb, Schlachthof- und Müllabfuhr, Straßenbahn und andere Anlagen in einer Verwaltung, welche für zweckentsprechenden Austausch von Brennmaterial und Kraftversorgung, Wärme und Licht Sorge trägt. Das Gaswerk verwendet elektrische Kraft, das Elektrizitätswerk und die Müllverbrennungsanlage liefern Strom, zum Teil versorgt mit gemeinsam eingekauftem Brennstoff, zum Teil unter nützlicher Verwendung der dem Müll innewohnenden Heizkraft, der Wasser- und Abwässerbetrieb erfolgt elektrisch; der Schlachthof braucht ebenfalls elektrischen Strom für Licht und Kraft, besonders für die Kühlanlage, eventuell auch die Eisfabrik, erhält Wärme in Gestalt von Dampf oder Gas; die Müllverbrennungsanlage liefert Dampf und Elektrizität und versorgt die elektrischen Kraftfahrzeuge mit Strom, welchen das Einsammeln und Verfahren des Mülls und der Straßenreinigungsmannschaft obliegt; die Straßenbahn bietet eine gute Grundbelastung für das Elektrizitätswerk, welches bei alleiniger Stromlieferung für Strom und Licht nicht so wirtschaftlich arbeiten könnte. Kooperation, Hand in Hand arbeiten der Betriebe bedeutet Ersparnis an Brennmaterial und Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades.

Die praktische Ausbildung des Bone-Schnabelschen Oberflächen-Verbrennungsverfahrens scheitert bisher an der Schwierigkeit, ein hoch feuerfestes Material zu finden, welches dem Dauerbetrieb gewachsen ist, ohne erheblich

zusammenzusintern. Die bessere Ausnutzung der Brennstoffe im Dampfkessel beschäftigt weiter alle Feuerungstechniker. Kleinere Kessel hohen Wirkungsgrades bedeuten ja, abgesehen von den Ersparnissen an Betriebskosten, eine bedeutende Verbilligung der gesamten baulichen und maschinentechnischen Anlage. Die Größe der Kesselhaus- und Maschinenraumfläche würden sich wieder näher kommen, während jetzt bekanntlich bei der geringen Flächenbeanspruchung der Dampfturbinen das Kesselhaus einen unvergleichlich größeren Raum der Gesamtanlage erfordert. Da mit der Verkleinerung der Kesselhausanlage auch die Länge des Dampfrohrsystems abnimmt, bedeutet auch dies eine Brennstoffersparnis.

[1]) W. H. Myers, Proc. El. Assoc. New-South-Wales, Session 1912—13. — Weitere Berichte über Windkraftanlagen: Helios Exp.-Ztg. 1913, S 725. — Liebe, ETZ 1913, S 396. — [2]) Pein, ETZ 1913, S 1267. — [3]) El. Kraftbetr. 1913, S 622; nach El. World. — [4]) Manternach, El. Kraftbetr. 1913, S 229. — [5]) Reindl, Zschr. ges. Turbinenwesen 1913, Heft 27; Seefehlner, El. Kraftbetr. 1913, S 129. — [6]) Borgquist, El. Kraftbetr. 1913, S 658. — [7]) ETZ 1913, S 1236. — [8]) L. Gérard, Bull. Soc. Belge d'El. 1913, S 453. — [9]) Domnick, ETZ 1913, S 1006. — [10]) El. World Bd 62, S 950.

Einrichtungen des Kraftwerkes.

Von Eugen Eichel.

Die Gesamtwirtschaftlichkeit des Elektrizitätswerkes hängt in hohem Maße zusammen mit der sparsamsten Bewegung und Verwendung des Brennstoffes. Die Brennstoffzufuhr, Aufstapelung und ihr weiteres Bewegen bis zum Rost, sowie schließlich auf dem Rost selbst erfolgt, wenn möglich auf mechanischem Wege, wobei der stets betriebsbereite, mit hohem Wirkungsgrad arbeitende Elektromotor mit seiner geringen Rauminanspruchnahme Hebezeuge und Fahrzeuge auszubilden gestattet, die bei weniger schmiegsamem Antrieb nicht ausgeführt werden könnten. Selbstverständlich wird womöglich vom selben Hebezeug und Fahrzeug nicht nur zum Heranschaffen des Brennstoffes, sondern auch zum Fortschaffen der Schlacke Gebrauch gemacht. Die hohe Überlastbarkeit des elektrischen Motors ermöglicht zeitweilig bedeutend gesteigerte Leistungen, wie sie bei Spitzenbelastungen erforderlich sind. Auch Speisewasserpumpen und Ventilatoren für die Vergrößerung des natürlichen Zuges werden der guten Regelbarkeit wegen gerne durch elektrische Motoren angetrieben. Besonders für die Speisewasserpumpen tritt allerdings häufig die Dampfturbine als Antriebsmotor in Konkurrenz, deren Abdampf zum Vorwärmen des Speisewassers Verwendung findet. Die genaue Kontrolle der Verbrennung des Brennstoffes, Prüfung der Rauchgase sowie der Menge, chemischen Zusammensetzung und Temperatur des Speisewassers obliegt zuverlässigen, selbsttätig arbeitenden Apparaten, welche allerdings fortlaufender guter Beobachtung und zeitweiliger Nacheichung bedürfen. Der Erleichterung der Beobachtung von Apparaten und Maschinen kommt man bereits beim Bau der Kraftwerke nach Möglichkeit entgegen. Helle Oberlichte erleuchten die Kesselhäuser, große Fenster Kessel- und Maschinenraum. Unnötige Verzierung der Außen- und Innenflächen der Gebäude, Kamine, Keller u. dgl. werden vermieden, was gleichzeitig die Bauausführung in Eisenbeton erleichtert. Glasierte Kacheln als Wandbelag, reichliches Tageslicht und vorteilhaft angeordnete Beleuchtungskörper zwingen das Personal selbsttätig zur Reinlichkeit in der Bedienung und Unterhaltung der Kraftwerkseinrichtung. Flammenbogen- und Quecksilberbogenlampen werden mehr und mehr ersetzt durch Metalldrahtglühlampen, welche auch starke Erschütterungen gut vertragen. Besonders die neuen sogenannten Halbwatt-Metallfadenlampen hoher Kerzenstärke eignen sich ihres ruhigen weißen Lichtes wegen vorzüglich zur Beleuchtung hoher

Räume. Die Wirtschaftlichkeit des Betriebes wird erhöht durch sorgsame Leitung nach Art kaufmännisch geleiteter Fabrikbetriebe. Zweckentsprechend aufgestellte Formulare zwingen das Betriebspersonal zur genauen Beobachtung, erleichtern unter Vermeidung unnötiger Schreibarbeit das Anzeigen bestimmter Betriebsergebnisse und Anstände. Das täglich oder in anderen Zeitabständen erfolgende Zusammenfassen bestimmter Zahlen bietet dem Betriebsleiter die beste Grundlage für die Beurteilung der Betriebsverhältnisse und dient gleichzeitig als Grundlage für vorteilhaft erscheinende Änderungen. Erleichtert wird die Kontrolle durch die fortgeschrittene Technik der Selbstschreibinstrumente und der Anzeigeinstrumente für Fernübertragung. Sie erschweren unregelmäßige Aufzeichnungen des Kraftwerkspersonales, dessen Dienst unter der Gleichförmigkeit der Tätigkeit zu leiden pflegt. Man legt daher bei neueren Großkraftwerken hohen Wert darauf, daß nicht nur die sogenannten Nebenanlagen, wie Abtritte, Bäder, Kleiderablagen, allen hygienischen Anforderungen entsprechend ausgeführt werden, sondern bietet für die Freistunden auch Rasenspielplätze, Spiel- und Lesezimmer, wo angängig in Verbindung mit einer Kantine. Zweckmäßigerweise wird diese mit elektrischen Kochapparaten ausgerüstet und dient dann gleichzeitig als Demonstrationsgegenstand für Besucher. In Amerika wird zum Besuch des Kraftwerkes direkt eingeladen, um Fachmännern und Laien, Besitzern kleiner Blockwerke usw. einen guten Einblick in die imposante Organisation eines Großkraftwerkes zu geben. Um jedoch dem Kraftwerkpersonal die störende Berührung mit den Besuchern zu ersparen, wird von vornherein beim Kraftwerkbau eine Besuchergalerie vorgesehen. In den mit Besuchern überlaufenen Großkraftwerken an den Niagarafällen werden regelmäßig Führungen des Publikums durch das Werk veranstaltet. Es wird von den Besuchern ein kleiner Betrag erhoben, welcher einer Wohlfahrtskasse zugute kommt.

In den älteren Niagarakraftwerken sind durchwegs stehende Dynamomaschinen verwendet. Sie sind in Fußbodenhöhe aufgestellt und werden direkt angetrieben durch stehende Wasserturbinen, welche in tief aus dem Felsen herausgehauenen Kammern gelagert sind. Neuerdings bevorzugt man die liegende Ausführung, und zwar nicht nur für Wasserkrafteinheiten mittleren und hohen Gefälles, sondern auch für Dampfturbineneinheiten, welch letztere die General Electric Co., Schenectady, N. Y., bekanntlich ursprünglich nur in stehender Ausführung zu bauen pflegte. Stehende Maschinen hoher Umlaufzahl fallen sehr hoch aus im Verhältnis zum Durchmesser. Sie erfordern sehr hohe, also teure Maschinenräume, sind schwer auszuwuchten und schwierig in der Unterhaltung. In bestehenden Anlagen mit liegenden Maschinen sind sie gar nicht unterzubringen.

Von hohem Wert ist die Lufterneuerung und Heizung in den Kraftwerken; in Wasserkraftwerken tritt hierzu noch die Erwärmung des vielfach vorgesehenen Wassereinlaufgebäudes, welches vor allem das Freihalten der Einlaufrechen von Eis erleichtern soll. An den Trollhättanfällen hat man mit der elektrischen Heizung der Einlaufrechen gute Erfahrungen gemacht. Die Rechen dienen dabei als Heizkörper, die von besonderen Transformatoren mit niedrig gespanntem Strom geheizt werden. Die zum Kühlen der Dynamomaschinen benötigte Luft wird entweder durch die an den umlaufenden Feldern der Dynamomaschinen angeordneten Schaufeln angesaugt oder von besonderen elektrisch angetriebenen Gebläsen durch die zur Reinigung der Luft vorgeschalteten Filter gesaugt. Sondergebläse verringern den Leerlaufverlust und verbessern den Wirkungsgrad bei niedriger Belastung. Sie haben den Vorteil, nach der Belastung der zu kühlenden Maschine regelbar zu sein und können auch sofort abgestellt werden, falls innerhalb der Dynamomaschine oder des Filters ein Brand entstehen sollte. Für solche Fälle werden selbsttätig wirkende Luftabschlußvorrichtungen empfohlen. Neben den Stoffiltern sind besonders in Amerika und England Filter im Gebrauch, welche aus einer Regenvorrichtung bestehen. Sie sollen die Luft nicht nur reinigen, sondern auch

gleichzeitig kühlen, bedürfen nicht der regelmäßigen Reinigung der Stofffilter, benötigen aber erhebliche Wassermengen. Die für die Kühlung des Öles von Öltransformatoren in großem Umfange verwendete Wasserkühlung findet für die direkte Kühlung von elektrischen Maschinen keine große Anwendung. Ausnahmen sind Sondermotoren.

Die Gasturbine hat sich noch nicht zu einem praktisch brauchbaren Motor entwickelt.

Interessant sind die Arbeiten Emmets, statt Wasserdampf zum Antrieb der Dampfturbine Quecksilberdampf zu verwenden. Im Jahre 1904 konnte Emmet, der Chefkonstrukteur der General Electric Co., Schenectady, N. Y., die erste Dampfturbine von 5000 kW nach Curtis in Chicago dem Betrieb übergeben. Im Berichtsjahr war diese Maschine bereits abgebaut und als denkwürdiges Standbild des Fortschrittes der Technik in den grünen Schmuckanlagen des Werkes der General Electric Co. aufgestellt. In Chicago laufen auf etwa gleicher Grundfläche statt der Einheiten zu 5000 kW Maschinen, welche bis 12 000 kW hergeben können. Chicagos neueste Maschineneinheit leistet normal 25 000 kW bei 750 Umdr/min, und ähnliche Großkrafteinheiten befinden sich in der Aufstellung. Philadelphia ist über diese Leistung noch hinausgegangen und erhält sogar eine Dampfturbine für 35 000 kW. Bei so großen Einheiten, wie der letztgenannten, empfiehlt es sich, die Trennung der Hochdruck- und Niederdruckturbine nicht nur organisch durchzuführen, sondern auch räumlich. Man gelangt dann zu einer Hochdruckturbodynamo und einer von dieser gespeisten Niederdruckturbodynamo, wobei man den Wirkungsgrad der Maschinengattungen dadurch verbessert, daß man entsprechend verschiedene Umdrehungszahlen für Hochdruck- und Niederdruckeinheit wählt. Erstaunlich hoch ist die Umlaufszahl dieser Großturbomaschinen, welche eine äußerst sorgfältige Auswahl der zu verwendenden Baustoffe, große Genauigkeit der Werkstattarbeit, des Auswuchtens und Erprobens im Prüffeld erforderlich macht. Die großen Elektrizitätsgesellschaften haben zum Prüfen der umlaufenden Teile derart schneller Maschinen und solcher Maschinen, welche infolge direkten Antriebes mit Wasserkraftmaschinen eventuell einer hohen Überschreitung der normalen Umlaufzahl ausgesetzt sein könnten, besondere explosionssichere Prüfstände eingerichtet.

Für größere Gleichstromturbineneinheiten kommen in Amerika große Zahnradvorgelege zur Verwendung. Maschinen dieser Art von 3500 kW laufen in Cleveland. Der mechanische Föttinger-Transformator kommt als Maßnahme zur Ermäßigung der Dampfturbinendrehzahl zurzeit nur für den Schiffsschraubenantrieb zur Verwendung. Wie die vielen diesbezüglichen Patentanmeldungen erkennen lassen, wird eifrig an der praktischen Entwickelung der Gasturbine gearbeitet, ohne daß es jedoch bisher gelang, eine wirtschaftlich arbeitende Gasturbine auf den Markt zu bringen. Der Großgasmotor der Hochöfen und Hüttenwerke, meist in Verbindung mit Schwungrad-Dynamomaschinen, wird noch vielfach ausgeführt, wird aber auch bezüglich des thermischen Wirkungsgrades stark bedrängt von der modernen Groß-Turbodampfmaschine. Seine hohen Fundamentierungskosten, seine mäßige Überlastbarkeit und die mit den gesteigerten Anforderungen an erhöhte Betriebssicherheit recht umfangreich und kostspielig ausfallenden Gasreinigungsanlagen stehen gegenüber dem geringen Raumbedarf, der verhältnismäßig einfachen Fundamentierung der Dampfturboeinheit, welch letztere sich noch dadurch besonders auszeichnet, daß sie auch bei mäßiger Belastung und sehr hoher Überlastung mit gutem Wirkungsgrad arbeitet. Hierzu kommt, daß die reine Drehbewegung in Verbindung mit den mit hoher Umlaufzahl gedrehten Massen die Dampfturbodynamo besonders befähigt, so stoßweise auftretende Belastungen, wie sie elektrische Fördermaschinen, Umkehrwalzenstraßen und sonstige Hüttenwerksmaschinenantriebe mit sich bringen, gut auszuhalten. Eine besondere Stellung kommt dabei der Abdampfturbine zu, welche die Abdampfmengen älterer Kolbendampfmaschinen ausnutzt, even-

tuell in Verbindung mit dem Abdampf, gewonnen aus dem Dampfmaschinenantrieb von Fördermaschinen und Walzwerksmotoren. Der Dampfspeicher bildet das Zwischenglied, welches die Kraftzufuhr zur Abdampfturbine gleichmäßig gestaltet. Gaskraftwerke, Dampfspeicher und Abdampfturbine auch in Verbindung mit gemischt, also mit Hochdruck- und Niederdruckdampf, arbeitenden Turbinen, ja auch mit reinen Dampfturbodynamoeinheiten, finden sich in gemeinsam ausgleichender Arbeit auf großen Gruben- und Hüttenanlagen. Drehstrombetrieb überwiegt und erlaubt auch die Verwendung von Asynchron-Dynamomaschinen in Verbindung mit synchronen Drehstrommaschinen, wobei Hochdruck- und Abdampfmaschineneinheiten elektrisch als eine Maschine betrieben werden können. In der Industrie, besonders derjenigen, welche erhebliche Mengen niedergespannten Dampfes benötigt, also Kohlenbrikett-, Textil-, Papier-, Holzbearbeitungsfabriken, in Ziegeleien, Schlachthöfen mit Nebenbetrieben und Eisfabrikation spielt das Elektrokraftwerk mit Niederdruck- oder auch Anzapfdampfturbinen eine nicht unerhebliche Rolle. Für kleinere Einzelanlagen bis zu immerhin recht erheblichen Leistungen werden, abgesehen von Dieselmotorantrieben, die zu hoher Vollkommenheit der Bauausführung und des Gesamtwirkungsgrades ausgebildeten Lokomobilen häufig gewählt. Den Fortschritt, den diese Art von Maschinentyp erkennen läßt, beweist am besten die Tatsache, daß die größeren Maschineneinheiten von mehreren 100 kW Leistung ausgeführt sind mit direkt gekuppelten Drehstrom-Dynamomaschinen. Auch derartige Anlagen sind meist gemischt wirtschaftlicher Natur und dienen außer der Elektrizitätserzeugung zur Wärmeversorgung ähnlich wie auch das Kühlwasser der Dieselmotoren nach Möglichkeit noch mit Bezug auf seinen Wärmegehalt ausgenutzt zu werden pflegt. Der Dynamoantrieb erfordert sehr gute Regler der Kraftmaschinen und besonders gute Regelung, sofern die Kraftmaschine sowohl das Licht- und Kraftnetz mit elektrischem Strom versehen muß, als auch im Nebendienst der Wärmeausnutzung dient. Die Regler müssen dem Charakter des Gebrauchszweckes der Kraftanlage sorgsam angepaßt sein. Sehr große Feinheit kann von ebenso großem Schaden sein, wie sie an anderer Stelle unbedingt erforderlich ist. Ebenso ist die Frage der Grenze der selbsttätigen, halbselbsttätigen oder Hand-Betätigung von Fall zu Fall zu entscheiden. Die Fernsteuerung der Regler, wie überhaupt der wichtigsten Kraftwerksorgane, seien es Schützen, Wasser- oder Dampfventile, Drehzahlregeler der Krafteinheiten oder elektrische Schalteinrichtungen, wird durch den bequemen Antrieb mittels Elektromagnete und Kleinmotoren stark gefördert und zur Notwendigkeit, je weitläufiger der Kraftwerksbetrieb sich ausdehnt. Sie erleichtert außerordentlich das schnelle Ausführen plötzlich erforderlicher Betriebsmaßnahmen durch wenige aber zuverlässige Beamte, wie sie überhaupt eine weitgehende Personalersparnis mit sich bringt. Naturgemäß erfordert aber Fernsteuerung und selbsttätiger Betrieb sehr gute Durchbildung und Ausführung der maßgebenden Apparate, vorzügliche Installation und dauernde gewissenhafte Unterhaltung in Verbindung mit programmgemäß durchgeführten willkürlichen Prüfungen auf gutes selbsttätiges Arbeiten. Je größer die einzelnen Maschinenleistungen, von um so verheerenderer Wirkung ist das Versagen von Apparaten und Schaltern. Abgesehen von dem örtlichen Schaden bedeutet die Betriebsstörung einen sehr unangenehm empfundenen wirtschaftlichen Verlust eigener Großbetriebe oder auch ganzer Stadtteile, Städte und Ortschaften, so daß auch aus diesem Grunde die elektrischen Werke bestrebt sind, alle Sicherheitsmaßnahmen gegen Störungen ihres Betriebes zu treffen. Diese Sicherheitsmaßnahmen haben, soweit sie elektrischer Natur sind, ihre Hauptstütze in den Vorschriften und Leitsätzen der maßgebenden Fachvereine in Deutschland, des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und der Vereinigung der Elektrizitätswerke, während in Amerika den überwiegenden Einfluß die vereinigten Feuerversicherungsgesellschaften ausüben.

Die Feuersgefahr steigt besonders bei Hochspannungsanlagen durch die Verwendung ölgekühlter Transformatoren und einer großen Anzahl räumlich zusammengedrängter Ölschalter. Man ist daher bestrebt, die erforderlichen Ölmengen als solche zu verkleinern, durch Zellenausführung von Schaltanlagen und Transformatorenhäusern eventuell Brände auf einen kleinen Raum zu beschränken und durch geeignete Maßnahmen schnelles Ablassen des Öles zu erleichtern. Wichtige Schalter werden besonders eingebaut und geschützt. Thermometer mit Fernanzeigung und in Verbindung mit Alarmvorrichtungen geben über die jeweilige Wärme des Betriebsraumes Auskunft; Licht- und Schallanzeigen, aufleuchtende Zeichen, verschiedenfarbige Glühlampen, Alarmglocken, Gongs, Pfeifen spielen bei der Sicherung und Regelung des Betriebes eine große Rolle und sind zweckmäßigerweise verbunden mit Rücksignalen, welche dem Auftraggeber mitteilen, daß der Auftrag richtig verstanden ist, eventuell mit selbsttätigen Rückanzeigern, welche den Auftraggeber davon verständigen, daß der Auftrag ausgeführt wurde. Die Selbsttätigkeit der Arbeit erstreckt sich in steigendem Umfange nicht nur auf Hilfsmaschinen, sondern auch auf Hauptmaschinen von Wasserwerken, elektrischen Unterwerken, besonders aber auch im Hebezeugbau. Hingewiesen sei diesbezüglich auf die zu großer Vollkommenheit entwickelte Steuerung und Verriegelung der Seilbahnen und elektrischen Katzen zum Kohletransport, der Druckknopfsteuerung für Lasten und Personenaufzüge.

Ausgeführte Anlagen und Statistik der Elektrizitätsversorgung.

Von Dr. Bruno Thierbach.

Die Erkenntnis des hohen wirtschaftlichen Wertes, den das Zusammenziehen der Elektrizitätserzeugung in einzelnen Großkraftwerken besitzt, dringt in immer weitere Kreise vor; dieses beweisen die zahlreichen Vorschläge, welche in der Literatur des verflossenen Jahres hinsichtlich der Errichtung solcher Großkraftwerke gemacht worden sind, und die mannigfachen Abhandlungen, welche sich mit dieser Frage beschäftigen. In letzterer Beziehung sind an erster Stelle die Untersuchungen von Klingenberg zu nennen, dessen aus der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu Leipzig bereits bekannten Ausführungen über den „Bau großer Elektrizitätswerke" in diesem Jahre in Buchform[1]) erschienen sind. Als Fortsetzung hiervon ist die Abhandlung desselben Verfassers: „Die Verteilung elektrischer Energie über große Gebiete" zu betrachten[2]).

Die Ausführungen von Großkraftwerken und die für ihren Bau gemachten Vorschläge lassen sich nach folgenden zwei Gesichtspunkten ordnen, nämlich: eine rationellere Versorgung der Großstädte und die Versorgung weiter Landesteile von einer Stelle aus.

Für fast alle Weltstädte liegen Projekte, welche die bisherige Zersplitterung der Elektrizitätsversorgung beseitigen wollen, oder Beschreibungen in diesem Sinne bereits ausgeführter Anlagen vor.

Es seien erwähnt: **Chicago** [3]); das jüngste Kraftwerk[4]) wird nach vollem Ausbau 12 Einheiten von je 20 000 kW erhalten, also 240 000 kW leisten, und zwar sind stehende Curtisdampfturbinen vorgesehen. Die Kosten sollen 260 M für das kW betragen.

Aus dem Geschäftsbericht der Commonwealth Edison Company, Chicago, ist zu entnehmen, daß diese Gesellschaft 5 Kraftwerke und 41 Unterstationen betreibt und eine Gesamtleistung von 300 000 kW an 182 000 Abnehmer verteilt. Die Einnahmen verteilen sich zu 44% auf Kleinabnehmer, 24% auf Bahnen, 17% auf Industrie, 12% größere Abschlüsse.

London[5]). Neben den an den genannten Stellen gegebenen Ausführungen ist noch ein Vortrag von Frank Bailey in der Royal Society of Arts zu erwähnen, in dem interessante Vergleichszahlen zwischen London,

Chicago und Berlin gegeben werden. Auch ein von Klingenberg vor der Institution of Electrical Engineers, London (Electricity Supply of Large Cities) am 4. Dezember 1913 gehaltener Vortrag sei hier angeführt; nach diesem läßt sich eine jährliche Ersparnis von 5,2 Mill. M erzielen, wenn von den 64 in London gegenwärtig bestehenden Kraftwerken zunächst nur 22 Wechselstromwerke stillgestellt und durch ein in der Nähe von London errichtetes Großkraftwerk ersetzt würden.

Paris[6]). Der Energiebedarf für ganz Paris wird von den beiden neuen Zentralen der Compagnie Parisienne, der Usine Nord in Saint-Ouen und der Usine Sud-Ouest in Issy geliefert. In erstgenanntem Werke sind 8 Turbogeneratoren von 10 000 bis 15 000 kW aufgestellt, das zweite Werk ist vorläufig für 25 000 kW eingerichtet, kann aber auf 50 000 erweitert werden.

Ferner ist ein Projekt beschrieben[7]), das die Wasserkraft der Rhone nach Paris zu übertragen vorschlägt. Ein Staudamm soll das ganze Tal der oberen Rhone bis nach Genf in einen See von ca. 380 ha Fläche, 23 km Länge und 50 Mill. m^3 Rauminhalt verwandeln. Hierdurch könnten bei niedrigstem Wasserstande 57 400, bei höchstem 246 500 kW gewonnen werden.

Berlin. Die für die spätere Versorgung Berlins ausschlaggebenden Verhandlungen zwischen den Berliner Elektrizitätswerken und dem Magistrat haben im Jahre 1913 noch zu keinem Ergebnisse geführt. Bei der hierdurch bedingten Unsicherheit fehlt es in der Jahresliteratur an erwähnenswerten Vorschlägen für die Neugestaltung. Nur das Für und Wider der verschiedenen Gesellschafts- und Verwaltungsformen, der Fern- und Nahkraftwerke und eines Zusammenlegens der Bedarfsdeckung der Stadt- und Vorortbahnen ist in der Tagespresse mehrfach besprochen worden[8]).

Über den gegenwärtigen Stand der Elektrizitätsversorgung von Groß-Berlin gibt eine Abhandlung von Thierbach[9]) und eine Beschreibung des Überlandnetzes der Berliner Elektrizitätswerke[10]) Auskunft.

Wien. Für die Versorgung der Stadt schlägt ein großzügiges Projekt die Schaffung einer das Gebiet der Radstäter und Rottenmanner Tauern umfassenden, hydroelektrischen Kraftanlage vor[11]). Durch Staubecken-Gruppenbildung sollen in den Seitentälern 308 000 kW und durch Hinzufügung weiterer ausbauungsfähiger Wasserkräfte im ganzen 420 000 kW gewonnen werden; die Selbstkosten der kWh werden zu 2,1 Heller berechnet.

Für **Rom** liegt eine Beschreibung der gegenwärtig bestehenden Anlagen der Elektrizitätsversorgung vor[12]). Für **Kopenhagen** besteht ein Projekt, das die Trollhättanfälle zur Versorgung heranziehen will[13]).

Amerika. In der Schaffung gewaltiger Anlagen zur Versorgung weiter Landesteile ist Amerika noch immer allen anderen Staaten weit voraus. So ist am 1. April 1913 am Mississippi bei Keokuk eine hydroelektrische Anlage in Betrieb genommen worden, bei der alle wasserbaulichen Anlagen und die Fundamente des Krafthauses für nicht weniger als 220 000 kW Leistung eingerichtet sind[14]), Maschinen und Leistungen reichen für 110 000 kW aus. Die Bauzeit betrug 3 Jahre, die Kosten bisher über 100 Mill. M. Das Unternehmen gehört der Mississippi River Power Co., die den Strom an Großabnehmer verkauft; 49 000 kW werden allein von dem 250 km entfernten St. Louis aufgenommen; Leitungsspannung 110 000 V.

Wie in Amerika von den Großkraftwerken die bisherigen, unwirtschaftlich arbeitenden, kleinen Werke aufgesogen werden, beweist das Überlandwerk der Central Illinois Public Service Co.[15]). Von den geplanten 1100 km Freileitungen sind gegenwärtig erst 240 km in Betrieb, und schon sind 78 bisher selbständig betriebener Zentralen stillgesetzt worden, während weitere 12 im Sommer gleichfalls stillstehen, im Winter aber zur Unterstützung des Hauptwerkes mitarbeiten.

Um eine große Wasserkraftanlage mit 150 000 V Übertragungsspannung handelt es sich bei den im Bau befindlichen Werken am Big Creek in Kalifornien[16])

wo bei 1200 m Gefälle 120 000 kW gewonnen werden. In 2 Stationen werden 8 Doppelturbinen von je 15 000 kW Leistung aufgestellt. Die 450 km lange Doppelleitung besteht aus Aluminiumdrahtseilen mit Eisenkernen.

Auch eine Beschreibung der gewaltigsten Wasserkraft der Erde, des Niagara, die bei voller Ausnutzung etwa 3 300 000 kW ergeben wird, liegt vor[17]).

In **Afrika** ist die bedeutendste Anlage noch immer diejenige der Victoria Falls und Transvaal Power Company, über die mehrfach berichtet wird[18]); am ausführlichsten mit zahlreichen Plänen, Skizzen und Bildern durch Professor Klingenberg[19]).

In **Asien** schwebt ein größeres Projekt für die Versorgung von Bombay und Umgebung durch eine mit 100 000 V zu übertragende Wasserkraft[20]).

Europa. Skandinavien. Von den europäischen Ländern verfügen Schweden und Norwegen und die Schweiz wegen ihrer hervorragend günstigen Wasserkräfte über die großzügigsten Kraftübertragungsanlagen. Der Plan, die Trollhättanfälle auch zur Versorgung der Hauptstadt von Dänemark heranzuziehen, wurde schon erwähnt; auch sonst finden sich in der Literatur des verflossenen Jahres zahlreiche Beschreibungen der dortigen Anlagen und Projekte. Gegenwärtig werden bereits 75 000 kW ausgenutzt[21]), weitere 75 000 kW sollen durch Aufstau gewonnen und für Bahnen und elektrochemische Zwecke verwandt werden.

Eine Wasserkraftanlage von vorläufig 25 000, später 46 000 kW wird bei Bergen in Norwegen errichtet durch Ausnutzung nahegelegener Seen[22]). Erwähnenswert ist auch eine unterirdische Wasserkraftanlage in Mockfjärd, bei welcher 4 Doppel-Francisturbinen in das Innere eines Staudammes eingebaut sind[23]).

In der **Schweiz** liegen für die Kantone Freiburg und Graubünden bedeutende Projekte vor[24]). Die in Freiburg an dem Rio du Gros-Mont zur Verfügung stehenden Kräfte werden auf 75 000 kW geschätzt, während in Graubünden sogar mit 450 000 kW gerechnet wird; von letzteren sind 150 000 kW bereits konzessioniert und von diesen 60 000 kW auch schon ausgebaut; von den noch nicht ausgenutzten Kräften werden etwa 110 000 kW für den Bahnbetrieb, 75 000 kW zur Abgabe an Italien und 180 000 bis 220 000 kW für chemische Großindustrie in Frage kommen.

Seiner Vollendung entgegen geht nach 4 jähriger Bauzeit das neue Kraftwerk Augst-Whylen bei Basel, das von der Stadt Basel gemeinsam mit den Kraftübertragungswerken Rheinfelden errichtet wird[25]); seine normale Kraftleistung ist auf 22 000 kW berechnet. Der wichtigste und kostspieligste Teil ist das 212 m lange Wehr mit 10 Öffnungen von je 17,5 m Weite[26]).

Frankreich. Von Anlagen liegt eine Beschreibung der Dampfzentrale der Gesellschaft Energie Electrique du Nord de la France vor. Sie ist zur Versorgung von Lille, Roulaix, Tourcoing und Umgebung errichtet und soll im vollen Ausbau 30 000 kW umfassen. Für die einheitliche Versorgung der Departements Haute-Marne und Meuse hat eine Gesellschaft eine 40 jährige Konzession erworben[27]).

In **Deutschland** werden besonders häufig Bayern und Baden in der Literatur des Jahres 1913 erwähnt. Das Kgl. Bayer. Staatsministerium des Innern hat an die nachgeordneten Behörden eine Entschließung gerichtet, in welcher der Plan einer einheitlichen Elektrizitätsversorgung von ganz Bayern erörtert und vor einseitigem Vorgehen einzelner Gemeinden zwecks Gründung von Elektrizitätswerken gewarnt wird[28]). Eine einheitliche Versorgung ist bereits in die Wege geleitet für die gesamte bayerische Pfalz, durch die Pfalz-Werke, A.-G.[29]), und für Franken durch das Großkraftwerk Franken, A.-G., zu Nürnberg[30]). Für die Versorgung von Oberbayern und zur Unterstützung der Münchener Zentralen sind die Leitzachwerke errichtet worden, die im Seehamer See 5 Mill. m³ Wasser nutzbar machen und bei einem Gefälle von 120 m zunächst etwa 13 000 kW erzeugen.

Auch eine Zusammenstellung aller für Bayern schwebenden Projekte liegt vor[31]).

In **Baden** ist von dem Ausbau der Wasserkräfte[32]) vor allem das Projekt der Ausnutzung des oberen Murggebietes hervorzuheben[33]). Das Murgwerk kann nach dem ersten Ausbau 35 Mill. kWh, nach dem zweiten 87,6 Mill. kWh liefern. Die Kosten des ersten Ausbaues ohne Fernleitungen, sollen sich auf 7,8, diejenigen des zweiten auf 13 Mill. M stellen. Die Fernleitungen Rastatt—Mannheim sind zu 3,6, die einer weiteren Fernleitung zu 2,2 Mill. M veranschlagt.

Die Verhandlungen des badischen Ministeriums mit der Oberrheinischen Eisenbahn-Gesellschaft[34]) haben dazu geführt, daß diese Gesellschaft einen Teil ihres Bedarfes zu vereinbarten Preisen von dem Murgwerke bezieht, so daß der Absatz der vom Staate nicht benötigten Erzeugung des Murgwerkes zum Teil gedeckt ist.

In **Norddeutschland** hat die Provinz Pommern den Plan einer einheitlichen Versorgung ihres gesamten Gebietes durchgeführt, durch Schaffung von vier als besondere Aktiengesellschaften betriebenen Kraftwerken, nämlich in Stralsund[35]), bei dessen Bau die Verlegung der Seekabel besonderes Interesse hat, Stettin[36]), Belgard a. d. Persante[37]) und Massow.

Eine Wasserkraftanlage großen Umfanges stellt das für das obere Quellgebiet der Weser von der Regierung ausgearbeitete und bereits im Bau befindliche Projekt dar. Die Wasserbauten[38]) dienen vor allem zur Speisung des Rhein-Hannover-Kanals. Bei der hierfür an der Eder und der Diemel zu erbauenden Talsperren können 24 und 2 Mill. kWh gewonnen werden[39]). Von einer später zu errichtenden dritten Sperre bei Münden werden weitere 15 Mill. kWh erwartet. Gegen diese dritte Sperre sind Bedenken laut geworden, und es wird ihr Ersatz durch ein staatliches Wärmekraftwerk empfohlen[40]). Über die Verteilung der gewonnenen elektrischen Energie gibt eine im Auftrage der beteiligten Kreise herausgegebene Denkschrift nähere Aufklärungen[41]).

Die Verwertung des Torfes wird von dem Kraftwerke im Wiesmoore in Ostfriesland, über das eine eingehende Beschreibung vorliegt[42]), weiter durchgeführt, während das zweite nach dem Vergasungsverfahren arbeitende Torfwerk im Schwegermoore bei Osnabrück für seine Erweiterung eine Dampfzentrale auf einer staatlichen Kohlengrube bei Ibbenbüren errichtet hat.

Über die sich immer weiter ausdehnenden Anlagen des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes und die ihm angehörenden Unternehmungen läßt sich aus einer mit einer Karte seiner Kraftwerke und Leitungen versehenen Zusammenstellung zum ersten Male ein klares Bild gewinnen[43]), auch über die Versorgung des zweiten großen Kohlen- und Industriegebietes Oberschlesien wird zusammenfassend berichtet[44]).

Trotz der bedeutenden und erfreulichen Fortschritte, welche die Elektrizitätsversorgung weiter Landesteile auch in Deutschland im verflossenen Jahre gemacht hat, wird man nach der vorstehenden Literaturzusammenstellung sich doch des Eindruckes nicht erwehren können, daß in der Großzügigkeit der Anlagen andere Länder uns weit voraus sind. Begründet ist dieses zum größten Teile durch die Überlegenheit dieser Länder an großen, leicht zu verwertenden Wasserkräften. Aber gerade weil uns diese in Deutschland von der Natur versagt sind, müßte hier mit ganz besonderem Eifer darauf hingearbeitet werden, die Zersplitterung der Elektrizitätserzeugung zu verhindern und auf diese Weise wenigstens die Vorteile voll auszunutzen, die großangelegte Kraftwerke auch mit Dampfbetrieb bieten können, besonders bei Verwertung sonst schlecht zu verwendender Brennmaterialien.

Wie weit wir aber in Deutschland noch von einer nach einem einheitlichen Plane geleiteten Elektrizitätsversorgung durch Großkraftwerke entfernt sind, lehrt ein Blick in die Statistik der Elektrizitätswerke in Deutschland nach dem Stande vom 1. April 1913, die, wiederum herausgegeben vom Verbande Deutscher Elektrotechniker, im Dezember 1913 erschienen ist. Wohl weist diese Statistik[45])

die stattliche Anzahl von 4040 öffentlichen Elektrizitätswerken nach, doch nur 103 davon besitzen eine Leistungsfähigkeit von mehr als 5000 kW und von diesen wieder nur 50 eine solche von über 10 000 kW. Wirkliche Großkraftwerke im modernen Sinne, d. h. mit Einheitssätzen von etwa 20 000 kW gibt es in Deutschland überhaupt noch nicht.

Die Statistik 1911/12 der Vereinigung der Elektrizitätswerke, welche nur die der Vereinigung angehörenden Werke, diese aber wesentlich ausführlicher als die Verbandsstatistik behandelt, ist in zwei Abhandlungen[46]) erörtert.

In **Holland**[47]) bestanden 1911 etwa 53 Werke, über 37 davon liegen nähere Angaben vor. Von diesen befanden sich 20 im Besitze von Gemeinden, 18 wurden mit Gleichstrom, 1 mit Wechselstrom, 10 mit Drehstrom betrieben, während 8 gemischte Systeme anwenden. Die Gesamtleistung — Maschinen und Akkumulatoren — dieser 37 Werke betrug 76 924 kWh, die durchschnittlich für die nutzbar abgegebene kWh erzielte Einnahme 15,2 Pf. In dem „Centraalverslag der Arbeidsinspectie" ist auch eine Übersichtskarte[48]) der bestehenden Werke enthalten, auch werden dort nähere Mitteilungen über weitere Pläne der Elektrizitätsversorgung gemacht.

Aus **Österreich-Ungarn** liegen Besprechungen der Statistik der Vereinigung österreichischer und ungarischer Elektrizitätswerke für das Betriebsjahr 1911[49]) und der Statistik der Elektrizitätswerke und der elektrischen Bahnen in Österreich, Bosnien und Herzegowina vor. Ferner ein Bericht über Entwicklung und Rentabilität der Wasserkraftanlagen in Österreich und in anderen Ländern[51]). Nach diesen ist die Anzahl der Wasserkraftwerke in Österreich von 1900 bis 1911 von 46 auf 382 gestiegen; von den zur Verfügung stehenden 3,7 Mill. kW sind bisher 0,33 Mill. kW ausgenutzt.

Besprochen werden weiter die Statistiken der Elektrizitätswerke in **Schweden**[52]), **Dänemark**[53]) und im Kanton **Zürich**[54]).

Schließlich seien noch erwähnt die Entwicklung der Elektrizitätswerke und industriellen Unternehmungen in den **Vereinigten Staaten**[55]) und eine Zusammenstellung der elektrischen Anlagen in **China**[56]). Von etwa 40 chinesischen Zentralen liegen 15 an Seehäfen, 10 an schiffbaren Flüssen, 15 in Städten an Bahnlinien; von ihnen sind 15 rein deutschen Ursprungs, 5 sind unter starker deutscher Beteiligung gegründet, 5 sind rein englisch, 2 rein französisch und 1 rein japanisch. Bei Dampf-Antriebsmaschinen überwiegt das englische Fabrikat. Die Zahl der Straßenbahnen beträgt zurzeit 4.

[1]) Klingenberg, Bau großer Elektrizitätswerke. Springer, Berlin 1913. — [2]) ETZ 1913, S 697, 741, 765, 795, 817, 981, 1010. — [3]) ETZ 1913, S 125—7. — [4]) El. World Bd 60, S 701; El. Kraftbetr. 1912, S 766. — [5]) Electrician (Ldn.) Bd 71, S 392, 401; El. Anz. 1913, S 1330; Bailey, El. Kraftbetr. 1913, S 323. — [6]) El. Masch.-Bau 1913, S 234; Helios Fachz. 1913, S 208. — [7]) Elektroindustrie 1912, S 113—4. — [8]) Berl. Tageblatt No. 129 vom 12. 3. 13 und Vossische Zeitung Beilage Groß-Berlin No. 513 vom 9. X. 13, No. 526 vom 16. X. 13 und No. 539 vom 23. X. 13. — [9]) Thierbach, ETZ 1913, S 579—83. — [10]) El. Kraftbetr. 1913, S 517. — [11]) Z. Öster. Ing. Ver., 65. Jhrg., S 277; El. Masch.-Bau 1913, S 499. — [12]) Lum. él. Ser. 2, Bd 20, S 345, 377. — [13]) El. Masch.-Bau 1913, S 306. — [14]) Electrician (Ldn.) Bd 72, S 333; El. Anz. 1913, S 1445; El. World vom 31. Mai und 26. Juli 1913; El. Kraftbetr. 1913, S 622. — [15]) El. World 1913, Nr. 33 und El. Kraftbetr. 1913, S 605. — [16]) El. Masch.-Bau 1912, S 903. — [17]) Helios Fachz. 1912, S 522. — [18]) Electrician (Ldn.) Bd 70, S 1056; ETZ 1913, S 1430. — [19]) Z. Ver. Dtsch. Ing. 1913, S 4. — [20]) El. Masch.-Bau 1913, S 1099; El. World Bd 62, S 950. — [21]) El. World 11. I. 1913; El. Masch.-Bau 1913, S 167; Z. El. Masch.-Bau 1913, S 109; Electrician (Ldn.) Bd 70, S 959. — [22]) El. World 14. XII. 1912; El. Masch.-Bau 1913, S 102. — [23]) El. World 10. V. 1913; El. Masch.-Bau 1913, S 560. — [24]) Schweiz. El. Anz. 1912, S 120. — [25]) Schweiz. El. Anz. 1912, S 111; El. Z. 1913, S 1048, 1087, 1108, 1141, 1203, 1251, 1319. — [26]) El. Masch.-Bau 1913, S 728. — [27]) Electricien (Paris) Ser. 2 Bd 44, S 342. — [28]) ETZ 1913, S 278, 297. — [29]) Denkschrift über die Errichtung einer Pfälzischen Überlandzentrale. — [30]) El. Kraftbetr. 1913, S 411. — [31]) El. Kraftbetr. 1913, S 451. — [32]) Schweiz. ETZ 1913, S 295, 308. — [33]) Schweiz. El.

Z. 1912, S 112. — [34]) El. Kraftbetr. 1912, S 633. — [35]) Z. Ver. Dtsch. Ing. 1913, S 671. — [36]) El. Kraftbetr. 1913, S 615. — [37]) El. Kraftbetr. 1913, S 620; El. Masch.-Bau 1913, S 623. — [38]) El. Masch.-Bau 1913, S 433. — [39]) ETZ 1913, S 182. — [40]) El. Kraftbetr. 1913, S 194. — [41]) A. Krätzer, Denkschrift über die El.-Versorgung des oberen Flußgebietes der Weser usw. Bingen, Technikum, Selbstverlag 1912. — [42]) ETZ 1912, S 1255, 1297, 1315, 1344. — [43]) El. Kraftbetr. 1912, S 749. — [44]) ETZ 1913, S 989, 1025. — [45]) ETZ 1913, S 1447. — [46]) El. Masch.-Bau 1913, S 562. ETZ 1913, S 591. — [47]) ETZ 1913, S 303, 723; Helios Exportz. 1913, S 1373. — [48]) ETZ 1913, S 917. — [49]) El. Masch.-Bau 1913, S 347. — [50]) ETZ 1913, S 597. — [51]) ETZ 1913, S 303 (nach »Die weiße Kohle« 1912). — [52]) El. Kraftbetr. 1913, S 549; ETZ 1913, S 416. — [53]) El. Masch.-Bau 1913, S 666; El. Kraftbetr. 1913, S 550; ETZ 1913, S 621. — [54]) Elektroindustrie 1913, S 151. — [55]) El. Masch.-Bau 1913, S 689. — [56]) ETZ 1913, S 149.

V. Elektrische Beleuchtung.

Beleuchtungsanlagen. Von Dipl.-Ing. Alfr. Steinhaus, Berlin. — Lampen und Zubehör. Von Patentantwalt Dr.-Ing. Berthold Monasch, Leipzig.

Beleuchtungsanlagen.

Von Dipl.-Ing. A. Steinhaus.

Normalien. Auch im letzten Jahre wurden die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, was Beleuchtungsfragen betrifft, weiter ausgebaut. Mit Rücksicht auf das etwas mehr Beachtung findende Mooresche Röhrenlicht und die relativ hohen Spannungen, mit denen bei diesem System gearbeitet wird, wurden Leitsätze für die Herstellung und den Anschluß der Moore-Lichtanlagen aufgestellt[1]).

In England wurde gemeinsam von einer Reihe Körperschaften ein Entwurf für Normalien für die Spezifikation der Straßenbeleuchtungen ausgearbeitet, der in verschiedenen Versammlungen und Aufsätzen eingehend besprochen wurde[2]).

Auf dem Gebiete internationaler Vereinbarungen wäre der Zusammentritt der Internationalen Beleuchtungskommission zu erwähnen, die sich aus der früher nur der Gasbeleuchtung dienenden Lichtmeßkommission entwickelt hat[3]). Die Kommission hat den Zweck, alle Fragen der Beleuchtungstechnik und der ihr nahestehenden Wissenschaften zu untersuchen und durch alle geeigneten Mittel internationale Vereinbarungen über Beleuchtungsfragen herzustellen.

Beleuchtung und Hygiene. Den physiologischen und psychologischen Vorgängen bei der Beurteilung und Untersuchung von Beleuchtungsfragen wird relativ zu wenig Beachtung geschenkt. Von großer Bedeutung in dieser Beziehung ist der Bericht des in England auf Veranlassung der Illum. Eng. Society gebildeten Komitees über die Beleuchtung von Schulräumen und Bibliotheken[4]). Während vor mehr als 30 Jahren der Breslauer Augenarzt Dr. Cohn ein Minimum von nur 10 Lux gefordert hatte, kommt der Bericht zum Resultat, daß die Pultbeleuchtung ca. 22 Lux, die Beleuchtung in Zeichensälen usw. ca. 44 Lux minimal betragen müßte. In ähnlicher Weise wurden die Anforderungen für Bibliotheken mit 5 Lux für die Allgemeinbeleuchtung und Beleuchtung der Bücherschränke, ca. 22 Lux für normale Lesetische und 55 Lux für Spezialzwecke festgestellt.

In der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft wurden eingehend in Vorträgen und Diskussionen die theoretischen und physiologischen Zusammenhänge zwischen Auge und Leuchttechnik[5]) sowie die Veränderungen und Schädigungen des Auges durch die nicht direkt sichtbaren Lichtstrahlen behandelt. Es scheint nachgewiesen zu sein, daß solche Schädigungen durch ultraviolette oder ultrarote Strahlen bei elektrischen Lichtquellen nicht auftreten können. Auf den Zusammenhang zwischen

Beleuchtung und Arbeitsunfällen in industriellen Betrieben wird mehrfach eingegangen. Es wäre nur zu wünschen, wenn sich die Gesetzgebung und die internationalen Kommissionen etwas mehr mit diesem Punkt befaßten.

Straßenbeleuchtung. Auf dem Kontinent wird noch immer die Frage, ob die Preßgasbeleuchtung der Bogenlampenbeleuchtung vorzuziehen sei, von verschiedenen Seiten verschieden beantwortet. Jedenfalls ist hier die langbrennende Flammenbogenlampe berufen, Siegerin zu bleiben. Versuche im praktischen Betrieb zeigten, daß die elektrische Beleuchtung bei jedem Tarif die wirtschaftlichste und wegen ihres hohen Grades von Gleichförmigkeit die beste Straßenbeleuchtung ist[6]).

In Amerika beherrscht die Magnetitflammenbogenlampe in Reihenschaltung das Feld, soweit es sich um Neuinstallationen handelt[7]). Hingegen sind noch immer Straßenbeleuchtungen mit Dauerbrandlampen zu finden, die in ästhetischer und beleuchtungstechnischer Beziehung bei uns unmöglich wären. Ein typisches Bild für die Entwicklung der Straßenbeleuchtung in den amerikanischen Großstädten gibt die veröffentlichte Beschreibung der Beleuchtung von Groß-New York[8]).

Große Bedeutung wird jedenfalls als Starklichtquelle die Halbwatt-Metalldrahtlampe für Straßenbeleuchtung erlangen. Schon die Intensivdrahtlampe hat in vielen Fällen mit Vorteil für Straßenbeleuchtung Verwendung gefunden[9]). Wenn auch die Halbwattlampe, was den Energieverbrauch betrifft, die Bogenlampe nicht erreicht, so wird sie unbedingt wegen der Ruhe und Farbe des Lichtes sowie besonders wegen der Anspruchslosigkeit bei der Bedienung in vielen Fällen für Straßenbeleuchtung bevorzugt werden[10]).

Die Einführung der Halbwattlampen für Straßenbeleuchtung wird auch in Amerika propagiert, und zwar in Übereinstimmung mit den bestehenden Bogenlampensystemen für Hintereinanderschaltung in Hochspannungskreisen, unter Verwendung von Transformatoren für konstanten Strom oder mit Parallelschaltung von Sicherheitsdrosselspulen.

Beleuchtung von Innenräumen. Während sich in der englischen und amerikansichen Literatur eine große Anzahl von Beschreibungen ausgeführter Anlagen findet, die reichlich illustriert und mit Messungsangaben versehen, ein wertvolles Material für den projektierenden Beleuchtungsingenieur bilden, wird diese Seite der Beleuchtungstechnik in der deutschen Literatur etwas stiefmütterlich behandelt. Die Frage der direkten, halbindirekten und ganz indirekten Beleuchtung wurde mehrfach behandelt[11]). Besondere Beachtung wurde der Beleuchtung von Kirchen, Fabriken, Warenhäusern, Schaufenstern usw. geschenkt[12]). Interessant ist ein in Deutschland noch ziemlich unbebautes Feld der künstlichen Beleuchtung von Spiel- und Tennisplätzen[13]). Erwähnenswert wäre die Beschreibung einer mustergültigen Beleuchtung einer großen Fabrikhalle durch langbrennende Flammenbogenlampen unter Benutzung zweckentsprechender Reflektoren[14]). Von amerikanischer Seite wurden auch Grundsätze für die ziemlich vernachlässigte Beleuchtung von Gemäldegalerien und Kunstgegenständen aufgestellt und gezeigt, welchen Einfluß die Beleuchtung auf das Kunstwerk ausüben kann[15]).

Bei der Beleuchtung von Wohnräumen ist der allgemeine Lichtstandard durch die jetzt nahezu allgemeine Einführung der Metalldrahtlampen in erfreulicher Weise gestiegen. In Amerika betrug die durchschnittliche Lichtstärke der im Jahre 1906 verkauften Glühlampen 16 HK und stieg auf 32 HK im Jahre 1913. Ähnlich dürften die Verhältnisse bei uns liegen. Beachtung findet auch der Einfluß der farbigen Umgebung auf die Farbe des Lichts, der theoretisch und experimentell festgelegt wurde[16]), sowie der Schattenbildung bei natürlicher und künstlicher Beleuchtung[17]). Da besonders bei der Innenbeleuchtung die Farbe der Lichtquelle eine große Rolle spielt, sei an dieser Stelle auf ein neues einfaches Verfahren zur zahlenmäßigen und graphischen Darstellung der Farben künstlicher Lichtquellen hingewiesen[18]). In dem Röhrenlicht mit Kohlensäurefüllung hat man auch endlich eine Lichtquelle von konstanter

Farbe gefunden, die sich für die Färbekammer der Färbeindustrie (Textilwaren usw.) in hervorragender Weise eignet. Für die Beleuchtung von Gießereien und ähnlichen Räumen wurde auf die Verwendung von Quarzlampen hingewiesen.

Zugbeleuchtung. Die elektrische Zugbeleuchtung macht immer größere Fortschritte. In Amerika ist die Zahl der elektrisch beleuchteten Vollbahnwagen in einem Jahr um 25% gestiegen. Auch das Verhältnis der elektrisch beleuchteten Wagen zu der Gesamtzahl der Wagen überhaupt ist von $\frac{1}{4}$ auf $\frac{1}{3}$ gebracht. Als System der Zugbeleuchtung kommt sowohl in Amerika als in Europa die Einzelwagenbeleuchtung durch Achsdynamos an erster Stelle in Betracht, an zweiter Stelle die Energielieferung durch Sammelbatterien und an letzter Stelle die Energieleiferung für die Beleuchtung ganzer Züge von einer Stelle (Head-end-System)[19]. Als Neuerung wäre die Regelung der Lampenspannung durch eigene, in Abhängigkeit von der Lampenspannung wirkende Regler zu erwähnen[20], ebenso eine Schaltung, bei der die auf eine Grenzspannung eingestellte Dynamomaschine direkt, d. h. unter Ausschluß energieverzehrender Lampen und Batteriewiderstände, mit der Batterie und den Metalldrahtlampen parallel geschaltet ist.

Als Beleuchtungsmittel führen sich ebenso wie für Straßenbahnwagen die Metalldrahtlampen immer mehr ein. Von verschiedenen Firmen werden jetzt auch für diese Zwecke Spiraldrahtlampen hergestellt, bei denen der Wolframdraht zu einer engen Spirale aufgewickelt ist, wodurch die Festigkeit gegen Erschütterungen besonders hoch wird.

Von mehreren Seiten wurde auch die Frage einer zweckentsprechenden Beleuchtung von Straßenbahnwagen (Beleuchtungskörper, Lichtstärke und Verteilung der Lampen) auf Grund theoretischer Erwägungen und ausgeführten Messungen behandelt[21].

Automobilbeleuchtung. Bei der Bedeutung der Automobile für unser Verkehrswesen ist die in diesem Jahre veröffentlichte theoretische Untersuchung über die Anforderungen, die an eine richtige Automobilbeleuchtung, speziell an die Außenbeleuchtung, gestellt werden, sehr zu begrüßen[22]. Die praktische Ausführung der Automobilbeleuchtung in Verbindung mit Batterien und vom Explosionsmotor angetriebenen Dynamos findet große Beachtung[23]. Es gibt bereits eine große Anzahl von Spezialkonstruktionen, die es ermöglichen, daß bei einem großen Tourenintervall des Explosionsmotors die Spannung der Dynamo konstant bleibt und die Batterie im richtigen Augenblick zum Eingreifen gebracht wird. Die Dynamos können in vielen Fällen mit dem Batteriestrom als Motoren zum Anwerfen der Explosionsmotoren benutzt werden. Als Lampen kommen nur Metalldrahtlampen, für die Scheinwerfer Halbwattlampen in Betracht.

Bühnenbeleuchtung. Während bei dem A E G - Fortuny-System hauptsächlich indirekte Bogenlampenbeleuchtung verwendet wird, kommen bei dem S S W - Bühnenbeleuchtungssystem zum Ausleuchten des Horizontes Bogenlampen für direktes Licht in Betracht. Die Veränderung der Lichtstärke geschieht hauptsächlich durch Regulieren der Stromstärke, die der Farbe durch Vorschalten farbiger Glocken[24].

Leuchtfeuer. Den Anforderungen des Luftverkehrs entsprechend, sind Leuchtfeuer für Luftfahrzeuge ausgebildet. Besondere Beleuchtungsanlagen (ringförmige, von unten beleuchtete Bodenflächen) wurden auch geschaffen, um Flugzeugen ein sicheres Landen in der Nacht zu ermöglichen.

Reklamebeleuchtung. Die Reklamebeleuchtung hat im Mooreschen Röhrenlicht, besonders in den Röhren mit Neonfüllung, eine sehr effektvolle und dabei relativ ökonomische Lichtquelle gefunden.

Scheinwerfer. Die Ausbildung der Scheinwerfer, die in Amerika mit Vorliebe für Effekt- und Festbeleuchtungen (Niagarafälle) verwendet werden, hat bei uns für militärische Zwecke eine hohe Vollendung erlangt. Transportable Feldscheinwerfer, die ihre Energie von separat mitgeführten Beleuchtungswagen er-

halten, sind gewöhnlich mit Hebevorrichtungen (teleskopartig ausziehbaren Masten) versehen. Für Festungszwecke werden große stationäre Scheinwerfer, um das Vorgelände zu beleuchten, und ganz kleine transportable Typen, die ein Mann tragen kann, gebaut[35].

[1]) ETZ 1913, S 307. — [2]) Illum. Eng. Bd 6, S 241. — [3]) ETZ 1913, S 1094. — [4]) Zeitschr. f. Bel. Bd 19, S 383; Illum. Eng. Bd 6, S 364. — [5]) ETZ 1913, S 360. — [6]) Helios 1913, S 123, 323; ETZ 1913, S 398, 1062, 1165. — [7]) Gen. El. Review Bd 17, S 302, 304, 312; Trans. of J.E. S. Bd 7, S 348. — [8]) Trans. of J. E. S. Bd 7, S 199. — [9]) ETZ 1913, S 363, 585; Schweizer ETZ Bd 10. — [10]) AEG-Ztg. Bd 16, Heft 5, S 1. — [11]) Illum. Eng. Bd 6, S 1913. — [12]) Trans. of J. E. S. Bd 8, S 470, 488, 499; Bd 9, S 555. — [13]) ETZ 1913, S 1468. — [14]) AEG-Ztg. Bd 16, Heft 4, S 9. — [15]) Gen. El. Rev. Bd 17, S 325. — [16]) Trans. of J. E. S. Bd 8, S 61. — [17]) Illum. Eng. Soc. Bd 6, S 619. — [18]) ETZ 1913, S 131. — [19]) Journ. of A. M. J. Bd 35, S 69. — [20]) ETZ 1913, S 1002. — [21]) Trans. of J. E. S. Bd 8, S 214, 589; Bd 9, S 25. — [22]) ETZ 1913, S 748. — [23]) El. Masch.-Bau 1913, S 1071; El. World Bd 61, S 972, 1041; El. Rev. Bd 72, S 1044; Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1971, 1987, 1995. — [24]) Mitt. d. S. u. H. u. SSW. Bd 1, S 85. — [25]) AEG-Ztg. Bd 16, Nr. 5, S 8.

Lampen und Zubehör.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. B. Monasch.

Bogenlampen. Die Technik der Bogenlampen mit Kohlenelektroden hat im Berichtsjahre keine wesentlichen Neuerungen geschaffen. Eine Ausführungsform der bereits im Prinzip im JB 1912 S 80 erwähnten geschlossenen Bogenlampen mit übereinanderstehenden Effektkohlen, die Dia-Bogenlampe, hat Högner[1]) beschrieben. Heyck[2]) berichtet über Bogenlampen mit abwärts geneigten Effektkohlen, in denen eine Verlängerung der Brenndauer durch Anordnung zweier Elektrodenpaare erzielt wird, von denen zuerst das eine, dann das andere abbrennt. Auf diese Weise wird eine Starklichtquelle von etwa 36 Stunden Brenndauer erreicht.

Die Quarzlampe[3]) ist auch für Einzelschaltung bei 500 V ausgebildet worden. Der Brenner unterscheidet sich von dem für Spannungen von 110 und 220 V; die Leuchtröhre hat die Form einer großen Öse, wobei die beiden Quecksilberelektroden unmittelbar nebeneinander angeordnet sind. Die Leuchtröhre ist in kaltem Zustand mit Hg gefüllt. Die beiden Rezipienten stehen mit der Außenluft in Verbindung. Um nach dem Schließen des Schalters eine Trennung der Hg-Säule zu erzielen, ist auf einem kleinen seitlichen Ansatz der Leuchtröhre ein Heizwiderstand aufgewickelt, der an dieser Stelle nach etwa 15 Sekunden das Hg zum Verdampfen bringt, wodurch der Lichtbogen eingeleitet wird. Bei 500 V verbraucht die Lampe etwa 1,5 A und erzeugt 2000 bis 2500 HK. Weintraub[4]) berichtet über eine Verbesserung der Quarzlampen, die darin besteht, daß die Zuführungsdrähte an den Lötstellen aus Wolframmetall bestehen, dessen Ausdehnungskoeffizient gleich jenem des Einschmelzglases aus Borsilikat ist. Zwischen das Einschmelzglas und das Quarzglas werden Glassorten mit abgestuftem Ausdehnungskoeffizienten eingeschaltet. Ferner wird durch Verwendung fester Anoden aus Wolfram eine ungleichmäßige Verdampfung und Wärmeentwicklung an den Elektroden vermieden.

Glühlampen. Über die Herstellung von Wolframdraht durch Ziehen berichtet außer der bereits im JB 1912 S 82 angeführten Stelle in ausführlicher Weise Kruh[5]) und DRP 269 498. Umfangreiche Untersuchungen von Langmuir und Orange[6]) beschäftigen sich mit dem Grunde des Schwärzens der Lampenglocke bei Verwendung von Wolframglühkörpern. Hierbei zeigte sich, daß von den in einer Lampenglocke auftretenden Gasen ein Gas stets ein Schwärzen bewirkte, nämlich Wasserdampf. Es ergab sich, daß Wasserdampf den Glühkörper angriff und ein flüchtiges Wolframoxyd und Wasserstoff entstanden. Das so gebildete Wolframoxyd wurde dann auf der Glockenwandung durch

den Wasserstoff reduziert. Der Beschlag der Glocke wurde demgemäß in eine Schicht metallischen Wolframs verwandelt, während der Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff verband und wieder Wasserdampf bildete, der dann wieder auf den Glühkörper einwirkte. Bei Wasserdampfdrücken von selbst nur 0,0001 mm trat sogar schnelles Schwärzen auf. Bei vollkommener Entfernung des Wasserdampfes ergab sich aber auch, daß das Schwärzen auftrat,. Diese Art des Schwärzens entstand also augenscheinlich durch gewöhnliche Verdampfung.

Nimmt man, bei Abwesenheit von Wasserdampf, als Grund des Schwärzens die Verdampfung an, so ergeben sich zur Verhinderung des Schwärzens und zur Erhöhung der Lichtausbeute folgende Wege: 1. Die Einführung von Gasen, wie Stickstoff oder Quecksilberdampf, bei atmosphärischem Druck. 2. Veränderung der Ablagerungsstelle des schwarzen Niederschlages durch Konvektionsströme in Gasen. Auf Grund dieser Versuche wurden stickstoffgefüllte Wolframlampen gebaut, welche nur etwa 0,5 W/HK benötigen bei denselben hohen Brenndauern wie bei einwattigen Wolframlampen. Da das Gas eine kühlende Wirkung auf den Glühkörper ausübt, wird die hohe Lichtausbeute nur bei verhältnismäßig dicken Glühkörpern erreicht. Es gelang daher bisher nur, Halbwatt-Lampen für hohe Lichtstärken, etwa 1000 bis 5000 HK, zu schaffen. Dussaud[7]) beschrieb derartige Lampen, bei denen der Glühkörper in Form einer enggewundenen Spirale gewickelt ist, so daß aus dem ursprünglich recht langen Wolframdraht ein in der Lampenglocke unterzubringender Glühkörper von verhältnismäßig geringer Länge entsteht.

A. Müller[8]) teilt Versuche über die Festigkeit der anderen Wolframglühkörperart mit, bei welcher der Glühkörper nicht gezogener Draht ist, sondern ein biegsamer und elastischer, aus Wolfram mit gewissen Zusätzen nach dem Preßverfahren Draht.

In England[9]) werden Kondensatoren für Wechselstromlichtanlagen in verschiedenen Größen für alle gangbaren Lampentypen, Spannungen und Frequenzen hergestellt. Sie sollen ermöglichen, daß in Wechselstromkreisen einer bestimmten Spannung Lampen niedrigerer Spannung gebrannt werden können. Sie verhindern ferner das plötzliche starke Ansteigen des Stromes beim Einschalten von Metallfadenlampen. Bei Kurzschluß ist die Stromstärke in der Leitung durch den Kondensator begrenzt. Die Schaltung erfolgt so, daß entweder jede einzelne der parallel geschalteten Niedervoltlampen in Serie mit einem Kondensator liegt, oder daß die Lampen untereinander und mit einem gemeinsamen Kondensator in Serie geschaltet sind.

Makower und Oschwald[10]) machten Versuche über die Veränderung der Lichtstärke der Glühlampen durch Mattieren der Glocken. Bei Metallfadenlampen waren die Lichtverteilungskurven angenähert gleich für denselben Typ vor und nach dem Mattieren. Das Mattieren der unteren Hälfte bewirkt eine Verringerung von 10 bis 20% der Lichtstärke.

Verschiedentlich sind auch Glühlampen[11]) erschienen, welche ein dem Tageslicht ähnliches Licht ausstrahlen sollen.

Beachtenswerte Untersuchungen über den Verlauf der Lichtstärke während einer Wechselstromschwingung bei Wolframlampen sind von Larsen[12]) und von Wild[13]) angestellt worden. Es ergab sich, was zu erwarten war, daß die Lichtstärke von Lampen mit Glühkörpern aus Wolfram bei Wechselstrom periodisch schwankt, und zwar um so mehr, je dünner der Glühköper ist. Die Lichtstärke einer Lampe für 10 HK und 220 V schwankt bei Larsen zwischen 7 HK und 13,4 HK. Aus diesem periodischen Verlauf der Lichtstärke ließ sich schließen, daß für dieselbe effektive Spannung die mit dem Photometer gemessene Lichtstärke bei Wechselstrom nicht mehr dieselbe wie bei Gleichstrom ist. Bei Wild betrug die maximale Momentanlichtstärke einer 0,1 A-Lampe das 1,58 fache und bei einer 0,65 A-Lampe das 1,11 fache der mittleren Momentanlichstärkebei 25 Perioden. Die 0,1 A-Lampe ergab bei 50 Perioden maximal das 1,3 fache, minimal das 0,71 fache der mittleren Momentanlichtstärke, also etwa die Hälfte der Schwankungen wie bei 25 Perioden. Bei

50 Perioden war bei Larsen die gemessene Lichtstärke bei der Lampe für 10 HK und 220 V das 1,016 fache, bei 30 Perioden das 1,037 fache derjenigen bei Gleichstrom.

G. W. Meyer[14]) weist ebenfalls auf die Schwankungen der Lichtstärke bei den von Wechselstrom gespeisten Glühlampen hin und gibt als Mittel zur Verminderung dieser Schwankungen die Vergrößerung der Wärmekapazität des Leuchtfadens sowie die Vorschaltung einer Reaktanz an.

Beleuchtungskörper. *) Der Frage der Ausbildung zweckmäßiger Beleuchtungskörper, Reflektoren, Überglocken etc. wird besonders in Amerika und England große Aufmerksamkeit geschenkt. In jeder Nummer der führenden Fachzeitschriften in englischer Sprache finden sich theoretische Abhandlungen und praktische Beispiele über die Ausbildung dieser Teile. Besonders erwähnenswert wären hier die Untersuchungen über Metallreflektoren für industrielle Beleuchtung[15]) sowie über Material und Form der Reflektoren und Schirme im allgemeinen.[16])

Die Bedeutung der prismatisch geschliffenen Gläser[17]), die eine Verteilung des Lichtes nach Wünschen des Beleuchtungsingenieurs gestatten, sowie der Holophan-Beleuchtung[18]) wurde entsprechend behandelt. Bemerkenswert sind die Untersuchungen über die Anwendbarkeit des präparierten Marmors in der Beleuchtungstechnik[19]), die zeigen, daß der Marmor anscheinend dem Milchglas in jeder Beziehung überlegen ist. Von verschiedenen Seiten wurden auch Untersuchungen durchgeführt, nach denen es zweckmäßig erscheint, glockenlose Glühlampenarmaturen auch für Außenbeleuchtung zu verwenden.[20]) Für Innenbeleuchtung wurden eine Reihe von Metalldrahtlampen auf den Markt gebracht, bei denen die Leuchtfäden so angeordnet sind, daß die Lichtausstrahlungskurve für Beleuchtung horizontaler Flächen in günstiger Weise beeinflußt wird. Die Lampen sind auch oft in ihrem oberen Teile direkt als Reflektoren ausgebildet.[21])

Was die Beleuchtungskörper für Innenräume betrifft, die bei uns hauptsächlich nach ästhetischen Grundsätzen gebaut werden, wäre die Beschreibung einer Reihe mustergültiger Beleuchtungskörper für halbindirektes Licht besonders zu erwähnen.[23])

[1]) Högner, ETZ 1913, S 970. — [2]) Heyck, ETZ 1913, S 1060. — [3]) Der Elektrotechniker 1913, S 42. — [4]) Weintraub, El. Masch.-Bau 1913, S 563; El. World, Bd 61, S 984. — [5]) Kruh, El. Masch.-Bau 1913, S 313, 338. — [6]) Langmuir u. Orange, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1893, 1915; El. World Bd 62, S 798. — [7]) Dussaud, El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 661. — [8]) A. Müller, Helios 1913, S 40, 504. — [9]) Electrician (Ldn.) Bd 68, S 889. — [10]) Makower und Oschwald, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 96. — [11]) ETZ 1913, S 508. — [12]) Larsen, ETZ 1913, S 231. — [13]) Wild, J. Instit. El. Eng. Bd 49, S 314. — [14]) G. W. Meyer, El. Masch.-Bau 1913, S 509. [15]) ETZ 1913, S 1426. — [16]) Trans. I. E. Soc. Bd 8, S 268. — [17]) Ill. Eng. Bd 6, S 125. — [18]) Trans. of I. E. Soc. Bd 7, S 447. — [19]) Z. Beleucht. Bd 19, S 37. — [20]) ETZ 1914, S 203. — [21]) ETZ 1913, S 992, 1291. — [22]) ETZ 1913, S 567, 858, 1122, 1215. — [23]) Z. Beleucht. Bd 19, S 114.

VI. Elektrische Fahrzeuge und Kraftbetriebe.

Elektrische Bahnen. Von Prof. Dr. W. Kummer, Zürich. — Fahrzeuge ohne Schienenbahn. Von Ingenieur Max Schiemann, Wurzen. — Landwirtschaftlicher Betrieb, Hebe-, Transport- und Verladeeinrichtungen, Maschinenbetrieb. Von Bernh. Jacobi, beratendem Ingenieur, Braunschweig.

Elektrische Bahnen.

Von Prof. Dr. W. Kummer.

Auf dem Gebiete der elektrischen Bahnen war im abgelaufenen Jahre eine rege Entwicklung zu verzeichnen. Die Annahme größerer, lange zuvor vor-

*) Von Dipl.-Ing. A. Steinhaus.

bereiteter Projekte, sowohl für Straßen- und Überlandbahnen, als auch für Stadtschnellbahnen und besonders für Haupt- und Zwischenstadtbahnen, führte zur Gewährung großer Baukredite sowie zum Teil auch schon zu dadurch bedingten größeren Bauaufträgen. Daneben sind bedeutende Neuanlagen in Betrieb gesetzt und weiter auch umfangreiche Erweiterungen durchgeführt worden, bei denen technische Einzelheiten neuartige Lösungen fanden. Aus bestehenden Betrieben, insbesondere amerikanischen, sind ferner eingehende Mitteilungen über Betriebserfahrungen bekannt geworden, die geeignet sind, manche der schwebenden technischen Fragen einigermaßen aufzuhellen. Indessen sind wir noch weit davon entfernt, daß die sog. „Systemfrage“ allgemein als gelöst betrachtet würde.

Geordnet nach den einzelnen Bahngattungen sind die hauptsächlichsten im Jahre 1913 geleisteten Arbeiten nachstehend gewürdigt.

Straßen- und Überlandbahnen. Da rein städtische Straßenbahnbetriebe seit Jahren einheitlich nach dem Gleichstromsystem mit etwa 500 bis 600 V Fahrspannung ausgerüstet werden, beschränkt sich für sie die Weiterentwicklung auf die Bauformen der Einzelteile. So ist eine steigende Verwendung von Kugellagern an Stelle von Gleitlagern zu verzeichnen, deren Berechtigung eingehenderen Untersuchungen unterworfen wurde[1]). Im weiteren waren neue Bauformen der Fahrzeuge selbst Gegenstand weiterer Studien und Versuche[2]). Der Steigerung der Betriebssicherheit der Bahnmotoren wird durch konstruktive Verbesserungen nachdrücklichst Rechnung getragen, besonders in Amerika[3]), wo der öffentliche Gedankenaustausch der Fachleute über Betriebserfahrungen ein vorbildlich reger ist. Beim Anschluß langer Außenstrecken an städtische Straßenbahnen wird immer mehr die Verwendung doppelter Fahrspannung auf der Außenstrecke zur Regel. Damit wird der Anlage neuer Kleinbahnen nach dem Gleichstrom-Hochspannungssystem ein mächtiger Ansporn gegeben und das Einphasensystem vom Gebiet der Überlandbahnen weiter abgedrängt. Für die Anlage von Gleichstrom-Hochspannungsbahnen an Stelle von Einphasenbahnen sprechen sehr oft auch die Bedingungen der Umformung des Bahnstroms aus bestehenden Drehstromverteilungen und die Vorschrift einer Verwendung von Pufferbatterien, die meist nur bei direktem Gleichstrombetrieb wirtschaftlich sind. Erfüllen sich die Erwartungen, die neuerdings auf die Nutzbarmachung des Quecksilberdampfgleichrichters für Traktionszwecke gesetzt werden, dann dürfte die wirtschaftliche Anwendung des Gleichstromsystems im Anschluß an Drehstromnetze noch weiter gesteigert werden. Anderseits hat aber auch das Einphasensystem für Überlandbahnen, und zwar sogar in Verbindung mit rein städtischen Straßenbahnverhältnissen, gelegentlich volle wirtschaftliche Berechtigung, insbesondere bei Motorwagenausrüstungen mittels Repulsionsmotoren, deren äußerst einfache Regulierung durch Bürstenverschiebung zu relativ geringen Totgewichten der Fahrzeugausrüstungen führt; als typische Neuanlage dieser Art sind die „Tramways départementaux du Loir et Cher“ (Frankreich) zu nennen[4]).

Stadtschnellbahnen. Im Jahre 1913 sind sehr bedeutsame Beschlüsse hinsichtlich der Elektrifizierung bestehender Stadtschnellbahnen gefaßt worden. So ist namentlich der Entscheid in der Einführung des elektrischen Betriebes mittels Einphasenwechselstroms auf den Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen zu nennen[5]), dann die Beschlüsse der Verwaltungen der „London und Nordwestbahn“, sowie der „London und Südwestbahn“ zugunsten des Gleichstroms von 600 V bei Stromzufuhr durch dritte Schiene[6]), der Entschluß der französischen Staatsbahn, betreffend Elektrifizierung der Linien der „Petite Banlieue“ von Paris, ebenfalls mittels Gleichstroms von 600 V[7]), und der Parlamentsbeschluß des australischen Staates Victoria, betreffend Elektrifizierung der Vorortbahnen von Melbourne mittels Gleichstroms von 1500 V[8]). Daneben haben eine Reihe amerikanischer und europäischer Stadtschnellbahnen erhebliche Erweiterungen vorgenommen; neu in Betrieb genommen wurde die Untergrundbahn von Buenos Aires[9]). In technischer Hinsicht sind neben den elektrischen

Systemfragen besonders bemerkenswert die Fortschritte im Signalwesen von elektrischen Stadtschnellbahnen[10]) sowie auch die Kontroverse über die Betriebsmittel der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahn[11]).

Elektrische Haupt- und Zwischenstadtbahnen. Auf dem Gebiete des elektrischen Vollbahnbetriebes nimmt das Jahr 1913 eine besonders bedeutsame Stellung ein sowohl durch wichtige Krediterteilungen, wichtige Bauten und Inbetriebsetzungen, als auch durch teilweise Klärung technischer Fragen.

Zugunsten der Elektrifizierung mittels hochgespannten Gleichstroms entschlossen sich die Kanadische Nordbahn, die die Verbindungsstrecke der Städte Mount Royal und Montreal für 2400 V Fahrspannung einrichtet[12]), sowie die englische North-Eastern-Bahn, die ihre „Simpastureline" für 1500 V ausbaut[13]). Für elektrischen Betrieb mittels Drehstroms wurden wiederum größere Mittel bereitgestellt in Italien[14]). Unter den bedeutenderen Kreditbewilligungen für Einphasenbahnen stehen jedenfalls an erster Stelle diejenigen für die laufenden Erweiterungen auf der „New York, New Haven und Hartford Rd." und der von ihr abhängigen Linien. In Europa ist unter Zugrundelegung eines Einphasenprojektes für die Elektrifizierung der Gotthardstrecke Erstfeld-Bellinzona ein größerer Kredit bewilligt worden[15]). Bemerkenswert ist endlich noch der Elektrifikationsbeschluß der amerikanischen „Norfolk and Western Ry" unter Zugrundelegung von Einphasen-Drehstrom-Umformerlokomotiven[16]).

An bedeutenderen Bauten und Inbetriebsetzungen sind für das System des hochgespannten Gleichstroms zu erwähnen die mit 1650 V betriebene Bahn Arad-Hegyalia[17]), für das System mit niedriggespanntem Gleichstrom die fünf Lokomotiven, Bauart 1-C-1, der seit 1901 betriebenen Vollbahn Mailand-Varese[18]) einerseits und anderseits die zehn gleich leistungsfähigen, aber nach durchaus anderen Grundsätzen ausgebildeten neuen Lokomotiven der New York-Centralbahn[19]). Auch die Drehstromtraktion hat neue Fahrzeugtypen für die neuen italienischen Erweiterungen gezeitigt[14]). Was Einphasen-Inbetriebsetzungen angeht, so sind von besonderem Interesse die neuen Betriebsmittel der New York, New Haven und Hartford Ry in Amerika[20]), in Europa diejenigen der Lötschbergbahn[21]). Die neue amerikanische Richtung der Traktion mittels Einphasen-Drehstrom-Lokomotivumformer hatte einstweilen nur Probeausführungen zu verzeichnen[22]).

Eine Klärung technischer Fragen im Hauptbahnbetriebe hat natürlich hinsichtlich der eigentlichen elektrischen Systemfrage nicht stattgefunden, wohl aber in Hinsicht auf die Bauformen der Lokomotiven. Der Schubstangenantrieb von hochliegenden Motoren aus, von dem im Jahrbuch für 1912 noch gesagt wurde, daß an ihm für Personenzuglokomotiven mit hohen Fahrgeschwindigkeiten festgehalten werde, ist im Laufe des Jahres 1913 entschieden weniger günstig beurteilt worden. Das haben in besonderem Maße europäische Betriebserfahrungen dargelegt[23]), sowie auch die Berichte, die aus Amerika über die einzigen bezüglichen Anwendungen, die Gleichstrom-Vorspannlokomotiven der Pennsylvania-Bahn[24]) und die Versuchsmaschine der New Haven-Bahn[25]), bekannt geworden sind. In Europa, insbesondere in Deutschland, finden zurzeit die Antriebe durch Gestellmotoren mittels Räderübersetzungen und Schlitzkurbelstangen (umgekehrte Dreieckstange), wie sie von dem klassischen Versuchsbetriebe Seebach-Wettingen her bekannt sind und hierauf zunächst wiederum in der Schweiz bei der Burgdorf-Thuner Bahn und dann bei der österreichischen Kleinbahn St. Pölten-Mariazell und der ungarischen Vollbahn Waitzen-Budapest-Gödöllo Anwendung fanden, und ähnliche Anordnungen große Beachtung[26]). Auch die mittels Dreieckstangen, bei Anwendung von Gestellmotoren mit Räderübersetzungen, organisch aus dem von den Veltlinbahnlokomotiven her bekannten ursprünglichen „Dreiecksantriebe" weiterentwickelten Bauformen, wie sie von der Westinghouse-Lokomotive der Midi-Bahn[27]) und von den neuen Oerlikon-Lokomotiven der Lötschbergbahn[21]) her bekannt sind, genießen bei europäischen Fachleuten Ansehen. Weiter hat auch das durch die A.-G. Brown, Boveri & Cie. aus der Dreieckstange in den „Zweistangen-

antrieb" übergeführte Antriebsgestänge Beachtung gefunden, das zu Anfang 1913 auf der Lötschbergstrecke Spiez—Frutigen im Versuchsbetrieb beobachtet wurde[28]). Die verschiedenen, auf die Verwendung von Triebstangen gegründeten Lokomotivantriebe europäischer Provenienz haben indessen den Beweis unbedingter Tauglichkeit, auch bei den bis zu hohen Fahrgeschwindigkeiten ausgedehnten hohen Beschleunigungen, noch nicht erbracht. Die amerikanischen Fachleute haben an ihrer Stelle, namentlich für den Schnellverkehr, entweder den Achsmotor im Prinzip unverändert beibehalten neue Gleichstromlokomotiven der New York Centralbahn[19]) oder den auf Hohlwellen aufgebauten Achsmotor zum Gestellmotor mit einem durch Hohlwelle vermittelten Zahnradantrieb weiterentwickelt (New York, New Haven und Hartford Rd.[20]). Nach diesem System ist in Europa einzig die von den Ateliers de Constructions Electriques du Nord et de l'Est (Jeumont) gebaute Midi-Lokomotive[27]) ausgerüstet.

Bei der Ausdehnung der elektrischen Vollbahnbetriebe ist auch die Frage der Energieerzeugung vom Standpunkte des Selbstbetriebes bzw. des Energiebezuges durch die Bahnverwaltungen geprüft worden; da diese Frage eine ganze Reihe technischer und wirtschaftlicher Erwägungen aufrollt, so ist sie auch von verschiedenen Seiten verschieden beantwortet worden. Insbesondere besteht diesbezüglich ein wesentlicher Unterschied, wenn der Fahrstrom durch Umformung gewonnen wird, wie das für die amerikanischen Bahnen mit dem Überwiegen der Gleichstrombetriebe die Regel ist[29]), oder wenn der Fahrstrom direkt als solcher erzeugt wird[30]).

Innerhalb der europäischen Einphasentraktion ist eine gewisse Abklärung auch hinsichtlich des Motorensystems zu verzeichnen. Als ganz große Motoren werden in Europa bei etwa 16 Perioden in der Sekunde nur noch Serienmotoren mit Querfeldern verwendet; ist das Querfeld ein relativ schwaches, so wird es dabei nur als eigentliches Wendefeld benutzt (Motoren von Oerlikon und Siemens-Schuckert); ist das Querfeld ein relativ starkes, dann macht es den Motor zum sog. doppeltgespeisten Motor (AEG). Über die normale Grenzleistung, von der an die Serienmotoren mit Querfeldern allein in Frage kommen, von der an somit die vorzugsweise für kleinere Leistungen vorteilhaften Repulsionsmotoren mit Ständererregung oder Läufererregung ausscheiden, sind die Meinungen zurzeit noch geteilt[31]). In Amerika sind mit Rücksicht sowohl auf die bevorzugten Antriebsmechanismen der Lokomotiven als auch im Hinblick auf die übliche Periodenzahl von 25 in der Sekunde bisher überhaupt nur kleinere Einphasenmotoren gebaut worden; wegen der höheren Periodenzahl hat dann neben dem Serienmotor der Kombinationsmotor von Alexanderson, über den nun Betriebsdaten bekannt geworden sind[32]), volle Berechtigung. Bemerkenswert ist in der amerikanischen Einphasentraktion auch die schon erwähnte Wiederaufnahme des Gedankens der Einphasen-Drehstrom-Umformerlokomotiven[16]). Daß man dann auch an die Verwendung der Quecksilberdampfgleichrichter auf Umformerlokomotiven denkt, mag weiter noch Erwähnung finden[33]). Demnach dürfte eine Normalisierung der Einphasenausrüstungen in Amerika noch nicht so bald zu erwarten sein.

[1]) Bethge, El. Kraftbetr. 1913, S 481. — [2]) Spängler, El. Kraftbetr. 1913, S 41, 504; ferner Nordmann, El. Kraftbetr. 1913, S 289. — [3]) Electric Journal Bd 9, S 894. — [4]) Schweiz. Bauzeitung Bd 61, S 259. — [5]) El. Kraftbetr. 1913, S 329. — [6]) ETZ 1913, S 64. — [7]) Guignard, Génie civil Bd 62, S 407. — [8]) ETZ 1913, S 724. — [9]) El. Kraftbetr. 1913, S 722. — [10]) Kemman, ETZ 1914, S 141. — [11]) Zehme, ETZ 1913, S 616. — [12]) El. Rlwy. Journal Bd 42, S 620. — [13]) Electrician (Ldn.) Bd 70, S 887. — [14]) Parodi, Revue gén. des Chemins de fer Bd 36, II, S 231. — [15]) Schweiz. Bauzeitung Bd 62, S 271, 295, 321. — [16]) El. Rlwy. Journal Bd 42, S 298. — [17]) El. Kraftbetr. 1913, S 352. — [18]) El. Kraftbetr. 1913, S 236. — [19]) El. Rlwy. Journal Bd 41, S 684. — [20]) El. Kraftbetr. 1913, S 533, 557. — [21]) ETZ 1913, S 1122, 1275, 1311, 1340, 1460. — [22]) ETZ 1913, S 1392. — [23]) ETZ 1913, S 234. — [24]) El. Rlwy. Journal Bd 41, S 452; ETZ 1913, S 1195. — [25]) Murray, Proc. A. I. E.E. 1911, S 1391; ETZ 1913,

S 1264. — [26]) Reichel, El. Kraftbetr. 1913, S 109, 209, 331. — [27]) Bidault des Chaumes, Génie civil Bd 62, S 161. — [28]) Buchli u. Rebstein, Schweiz. Bauzeitung Bd 62, S 105. — [29]) Insull, Proc. A. I. E. E. 1912, S 1473. — [30]) Kummer, Schweiz. Bauzeitung Bd 61, S 86; Bulletin des intern. Eisenbahn-Kongr.-Verb. Bd 27, S 441. — [31]) Diskussion Eichberg c. Kummer, Schweiz. Bauzeitung Bd 61, S 25 und El. Kraftbetr. 1913, S 108. — [32]) ETZ 1913, S 1019. — [33]) Czeija, Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1913, S 840.

Elektrische Bahnen für besondere Zwecke.

Von Ingenieur Max Schiemann.

Grubenbahnen. Auf diesem Gebiete, bekannt als das älteste, auf dem der Elektromotor sich wirtschaftlich betätigen konnte, sind nennenswerte Neuerungen im Berichtsjahre nicht zu verzeichnen; höchstens, daß der Akkumulator an Stelle der direkten Stromzuführung gesetzt wird, um den wechselnden Betriebsstellen besser folgen zu können, Funkenbildungen an den Stromabnahmestellen zu vermeiden und den Streckenausbau zu entbehren.

Auch die **Treidelbahnen**, die mit dem Ausbau der Inlandskanäle Schritt halten müssen und hierbei in Konkurrenz treten mit Benzinlokomotiven an Stelle der früheren Dampflokomotiven, haben wesentliche Neuerungen nicht aufzuweisen.

Hängebahnen. Sowohl auf dem Gebiete der Elektrohängebahnen als auch der durch Elektromotoren angetriebenen Seilbahnen sind wesentliche Neuerungen zu berichten. So ist die Vigiljochbahn bei Meran eine dem Personenverkehr dienende Seilschwebebahn, die einen Höhenunterschied von 1150 m überwindet. Das Seil läuft leitend über Ständer auf Gitterwerk, wobei Spannweiten bis zu 200 m überbrückt werden. Das Windewerk wird durch einen Gleichstromnebenschlußmotor angetrieben.

Diejenigen Elektrohängebahnen, die in der Hauptsache als erweiterte Krananlagen Beachtung finden, entwickeln sich in dieser Richtung ohne besondere bemerkenswerte Konstruktion.

Die **Zahnradbahn** auf dem Kahlenberg bei Wien, die bisher mit Dampf betrieben wurde, soll in Zukunft elektrisch angetrieben werden und hierbei besonders mit elektrischen Schienenbremsen versehen werden.

Benzinelektrische Lokomotiven gewinnen infolge ihrer sparsamen Ausnutzung des Urbetriebsstoffes in Verbindung mit der Dynamomaschine und dem Elektromotor immer größere Verbreitung. Das elastische Zwischenglied zwischen der Explosion des Gases und der Rotation des Motors ist durch kein anderes Mittel gleichwertig zu erreichen und dürfte auch in den nächsten Jahren der Grundstein für die weitere Entwicklung werden.

Schiffsantrieb. Ein ganz neues Anwendungsgebiet der elektrischen Kraftübertragung wird im Schiffsantrieb zwischen Explosionsmotor bzw. Dampfturbinen einerseits und Schiffsschraube anderseits erwartet werden können. Die Anfänge hierfür sind bereits zu verzeichnen. Da aber die Tourenzahl des Elektromotors nicht mit derjenigen der Schiffsschraube harmoniert, ist man gezwungen, noch ein mechanisches Zwischenglied einzuschalten. Als solches haben sich Zahnräder in ihrer bewährtesten Form mit Doppelpfeilzähnen naturgemäß am meisten Sympathie erworben. Es ist aber auch zu erwarten, daß hier der Schneckenantrieb gute Dienste leisten wird, wenn erst das Vertrauen der Schiffsreeder sich dem modernen Schneckenradantrieb zugewendet haben wird. Auf den Schiffen gilt nur das als anwendbar, was sich auf einer transatlantischen Reise störungsfrei gezeigt hat, selbst wenn es sich auch auf der Eisenbahn bereits des nötigen Zutrauens erfreut.

Benzinelektrische Straßenbahngüterzüge, d. h. solche, die ohne Schienen vorhandene Straßen benutzen, weisen eine Neuausführung deutscher Fabrikation für den Australischen Staat auf. Auch hier zeigt besonders die Vereinigung des

Explosionsmotors mit dem Elektromotor dasjenige Aushilfsmittel, das seit dem ersten Dampfwagen erhofft wurde.

Französische **Unterseeboote** mit 800 t Wasserverdrängung und 1500 kW Leistung erhalten ihren Antrieb durch zwei Schraubenwellen, auf denen je ein Gas- oder Dampfmotor und ein Elektromotor montiert ist. Während der Fahrt über Wasser arbeiten Gas- oder Dampfmotor, und die Elektromotoren laufen als Dynamos und laden eine Schiffsakkumulatorenbatterie. Die größte Geschwindigkeit ist hierbei 22 km in der Stunde. Unter Wasser ist der Antrieb ganz elektrisch, unter Entladung der Batterie, und die größte Fahrgeschwindigkeit ist hierbei 16 km.

Die **gleislosen Bahnen** kämpfen anscheinend mit Erfolg gegen das alte Vorurteil ihrer Straßenzerstörung, weil die Autoomnibusse diesbezüglich unter noch

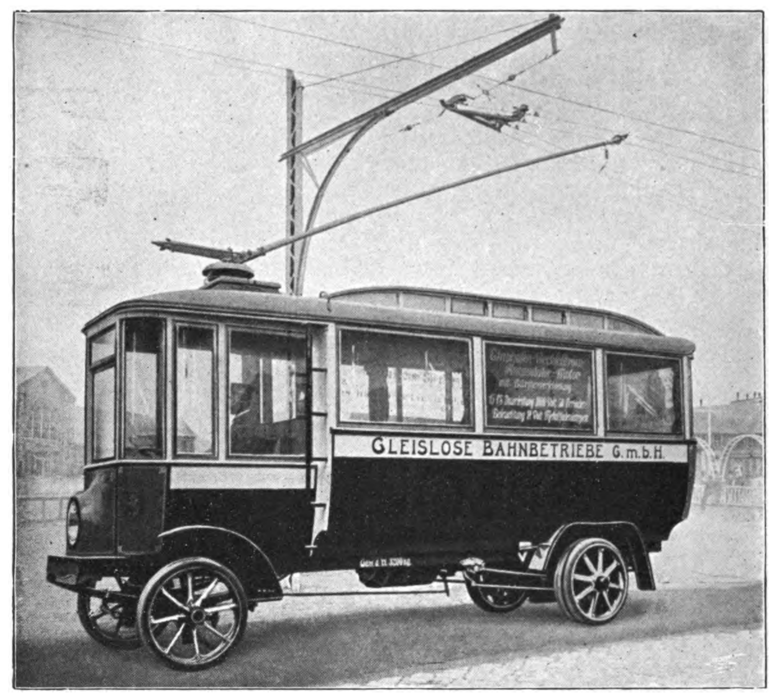


Abb. 18. Gleisloser Einphasen-Wechselstromwagen.

weniger beneidenswerten Verhältnisse arbeiten, aber die behördliche und finanzielle Unterstützung in höherem Maße genießen. Die hochentwickelte Autoindustrie hilft hierbei kräftig mit. Aber auch die Straßenunterhaltung macht diejenigen Fortschritte, ohne welche der Motorwagen auf der Straße nicht vorwärts kommen könnte.

Die Ausbreitung moderner Überlandzentralen und Hochspannungsnetze in kulturreifen Gegenden unterstützt die Absicht, verkehrsschwächere Bezirke mit Verkehrsmitteln auszurüsten, die auch ihrerseits wieder zur wirtschaftlichen Vervollkommnung der Licht- und Kraftversorgung beitragen. Der Wunsch, in verkehrsarmen Gegenden ein ständiges, betriebssicheres Verkehrsmittel zu haben, ist erfüllt durch Verwendung der durch Wechselstrom betriebenen, gummibereiften, leichten Wagen für Personenverkehr, Stückgut-, Marktgut- und Gütertransport und bietet die Möglichkeit, sowohl das Baukapital niedrig zu halten, als auch die Betriebsausnutzung des Personals und der Anlage günstig zu gestalten.

In Betracht kommen zunächst für diese Betriebsart Strecke von mehr als 10 km linearer Ausdehnung. Soll sich eine derartige Anlage durch Licht- und Kraftverbrauch rentabel gestalten, muß sie durch Orte gehen, deren Konsum den Anlagewerten entspricht. Ein diesbezüglicher Kalkulationswert verlangt den Jahresverbrauch für den Kopf der Bevölkerung von 10 kWh zum durchschnittlichen Preise von 15 Pf, also auf Jahr und Kopf 1,50 M. Wenngleich diese Zahl von Fall zu Fall schwankt, bietet sie doch den durchschnittlichen Wert einer möglichen Ausnutzung.

Auch die Verkehrsintensität darf das Minimum nicht unterschreiten, da sonst mit Zuschüssen gerechnet werden muß. Die tägliche Fahrleistung kann bei 16 Stunden 200 Wagenkilometer betragen, d. h. es würde auf der Strecke ein täglicher Verkehr mit Betriebsintervallen von vier Stunden als unterste Grenze gelten.

Der Betriebskoeffizient, der für Kleinbahnen zwischen 10 und 15% schwankt, ist hier zwischen 15 und 20% zu suchen, d. h. die Jahreseinnahme muß 150 000 bis 200 000 M bei einem Stammkapital von 1 000 000 M sein, damit die Anlage auf eigenen wirtschaftlichen Füßen stehen kann. Die Einnahmen sind erreichbar, wenn das betreffende Gebiet 40 000 Einwohner in sich faßt. Es käme 1 Pf auf den Kopf der Bevölkerung zur Deckung der Verkehrsanlagen und Unkosten auf den Tag sowie 1,50 M auf Kopf und Jahr für elektrischen Licht- und Kraftverbrauch, in runden Zahlen ausgedrückt in Summa 5 M jährlich auf den Kopf. Diese Werte sind praktisch erprobt und nicht zu hoch gegriffen. Eine statistische Aufzeichnung ergibt je nach Gegend und nach Ausnutzung des Betriebes bis 3—7 M jährlich. Man sieht hieraus, daß sich Bau- und Betriebskapital in durchaus möglichen Grenzen bewegen.

Der auf S 104 abgebildete Einphasen-Wechselstromwagen bewegt sich auf einem Teermakadamstreifen, der über ein vorhandenes unebenes Kopfsteinpflaster in 6 cm Dicke aufgebracht und eingewalzt ist, nachdem die Steinfugen möglichst tief ausgekratzt worden sind.

Der Wagen hat einen Einphasenkollektormotor für 11 kW Dauerleistung und 1000 V, Drehzahl 1200 in der Minute, 50 Perioden, Bürstenverschiebung für Anlassen und Regulieren. Dieser treibt mit Doppelkardanwelle und hochwertigem Schneckengetriebe (10:1) die Hinterachse und durch elastische Mitnehmerkupplung die Hinterräder an.

Landwirtschaftlicher Betrieb, Hebe-, Transport- und Verladevorrichtungen, Maschinenbetrieb.

Von Bernh. Jacobi, beratendem Ingenieur.

Landwirtschaftlicher Betrieb. Erfindungen und Verbesserungen von Bedeutung sind in der Berichtsperiode nicht zu verzeichnen. Es ist dies auch durchaus erklärlich, wenn man bedenkt, daß die Elektroindustrie im verflossenen Jahre ganz außerordentlich beschäftigt war und daher besondere Anstrengungen, sich neue Absatzgebiete zu erschließen oder ältere auszudehnen, nicht zu machen brauchte und bei der äußersten Anstrengung aller Hilfsmittel vielfach auch nicht machen konnte. Einen nicht unerheblichen Prozentsatz der Aufträge bildeten wieder, und zwar mehr noch als in den vorhergehenden Jahren, die neu gegründeten Überlandzentralen und die Erweiterungen bestehender. Das Bestreben aller dieser Zentralen ist darauf gerichtet, ihren Belastungsfaktor zu verbessern und dementsprechend entweder Industriewerke anzuschließen oder, wo solche fehlen, den Motor in möglichst ausgedehnter Weise in die Landwirtschaft einzuführen. Letzteres ist auch zum Teil gelungen, nachdem sich der vorsichtige Landwirt von den Vorteilen des elektrischen Betriebes hat überzeugen können. Sache der Industrie wird es nun sein, die hohe Anpassungsfähigkeit des Elektromotors noch besser auszunutzen und Antriebe bzw. Einrichtungen zu schaffen, die den Bedürfnissen des Landmannes in jeder Beziehung gerecht werden. Auf diesem Wege ist fleißig weiter-

gearbeitet worden. Es sind nicht allein die verschiedenartigen Antriebe in Einzelheiten verbessert, sondern auch die Einrichtung zur Kraftzuleitung, z. B. Steckvorrichtung usw., ebenso transportable Transformatorenstationen[1]). Letztere werden von der A E G neuerdings so eingerichtet, daß mit Rücksicht auf die schlechten Wegeverhältnisse gut abgefederte, mit Drehgestell versehene Wagengestelle verwendet werden. Ferner erhält der Wagen einen während des Transportes umklappbaren Bügel, der im Betrieb aufgerichtet wird und die Isolatoren für die Zuleitung trägt. Die senkrecht feststellbare Deichsel wird dabei vielfach als Beleuchtungsmast benutzt.

Über das elektrische Pflügen ist Neues von Bedeutung nicht zu berichten.

[1]) AEG-Ztg. 15. Jahrg., Nr. 2, S 11.

Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen.

Die Fabrikation von Hebezeugen, Transport- und Verladeeinrichtungen mit elektrischem Antrieb hat auch im Berichtsjahre weitere Fortschritte gemacht. Wenn auch keine hervorragenden Neukonstruktionen zu verzeichnen sind, so ist doch fleißig weitergearbeitet, und es sind die bekannten Einrichtungen vielfach verbessert und zur Erzielung des höchsten Nutzens ihrem Spezialzweck mehr und mehr angepaßt worden. Das Bestreben, durch weitgehende Unterteilung der Triebmotoren jede irgendwie zu vermeidende mechanische Kraftübersetzung zu umgehen, findet im Interesse der Vereinfachung der Konstruktion und aus Gründen der Betriebssicherheit immer mehr Anhänger.

Aufzüge. Die Druckknopfsteuerung der Aufzüge wird immer mehr angewendet. Trotz der höheren Anlagekosten überflügelt sie die älteren Steuerungen nach und nach, und zwar nicht nur deshalb, weil das Anhalten selbsttätig und unabhängig von der Geschicklichkeit des Bedienenden in genauer Höhe der Etage erfolgt, sondern hauptsächlich, weil die Bedienung, da Fehlgriffe ausgeschlossen sind, jedem Unkundigen überlassen werden kann. Dies ist auch der Grund, weshalb sich nach und nach der in Amerika unter dem Namen „dumb waiter“ bekannte Küchenaufzug auch bei uns einzubürgern scheint. Dieser Aufzug mit Druckknopfsteuerung dient in erster Linie für die Lieferanten — Bäcker, Fleischer usw. —, dann auch für den Briefträger, die Zeitungsfrau. Durch ein Klingelzeichen wird das Stockwerk, für welches Waren abgeliefert werden sollen, benachrichtigt. Der Aufzug wird in gleicher Weise auch vom Dienstpersonal selbst zum Heraufschaffen der Kohlen aus dem Keller und zum Herunterschaffen der Asche, Küchenabfälle usw. benutzt.

Die elektrisch angetriebenen Paternosteraufzüge finden in Geschäftshäusern mit starkem Verkehr zunehmende Verbreitung.

Einen neuen, besonders für Aufzüge konstruierten Einphasenmotor Prox der S S W beschreibt Thomälen[2]). Der Motor ist ein Repulsionsmotor mit einem Zentrifugalkurzschließer. Durch letzteren wird die Rotorwicklung in zwei oder drei Punkten kurzgeschlossen, wenn der Synchronismus nahezu erreicht ist. Dann läuft der Motor mit konstanter Drehzahl als Induktionsmotor weiter. Die Umsteuerung erfolgt bei kleinen Motoren immer elektrisch durch Umschaltung — Stator mit zwei Wicklungen —, bei größeren mechanisch durch Bürstenverschiebung, die entweder mechanisch durch Seil bewirkt wird oder durch einen kleinen aufgebauten Steuermotor. Vorläufig werden die Motoren nur für 110 V und 220 V Spannung und für Leistungen von 0,37 kW bis 10 kW gebaut.

Krane. Der Hebezeugbau steht immer noch im Zeichen lebhafter Entwicklung. Es scheint, als ob die Abmessungen und Leistungen der großen Werftkrane immer noch steigen werden, bedingt durch die zunehmenden Größenverhältnisse der Schiffe. Der im letzten Jahre in Betrieb gekommene 250 t-Kran auf der Werft von Blohm & Voß, Hamburg, der zurzeit der größte Kran der Welt ist, soll daher kurz besprochen werden. Der mechanische Teil ist von der Deutschen Maschinenfabrik, Duisburg, gebaut, der elektrische

von den S S W[3]). Der Kran ist in der bekannten Hammerform gebaut, aber gleichzeitig so eingerichtet, daß der längere Ausleger emporgezogen werden kann, wohl mit Rücksicht auf etwa nicht vorauszusehende Schiffsgrößen. Der Kran muß also bezeichnet werden als drehbarer Hammerwippkran. Die größte Ausladung beträgt 52 m; die größte Tragkraft bei 50 m Ausladung ist 100 t. Bei 32 m Ausladung trägt er 250 t. Wird der Ausleger vollständig emporgerichtet, so beträgt die Ausladung immer noch 24,5 m. Bei wagerechtem Ausleger sind 49 m Hubhöhe und bei vollständig emporgeklapptem Ausleger ca. 90 m vorhanden. Auf dem Obergurt des Kranes läuft noch ein fahrbarer Drehkran zu 20 t, dessen Ausleger ebenfalls emporgezogen werden kann. Dieser besitzt bei 16 m Ausladung 20 t und bei 8 m Ausladung 10 t Tragkraft. Soll der Ausleger des Hammerkranes emporgewippt werden, so wird zunächst die Katze am Ende des Auslegers festgestellt, dann der fahrbare Drehkran auf das äußerste Ende des Gegengewichtsarmes gefahren und dann erst gewippt. Auf dem Gegengewichtsarm befinden sich außerdem die Hub- und Einziehmotoren sowie die zwei Leonard-Aggregate zum Steuern. Letztere bestehen je aus einem Gleichstromantriebsmotor von 265 kW Leistung, einer Steuerdynamo von 160 kW und einer zweiten von 65 kW, alle Maschinen für 440 V Spannung.

An Antriebsmotoren für den Hammerkran zu 250 t sind vorhanden:
2 Hubeinziehmotoren von je 70 kW in Reihe,
2 Katzenfahrmotoren von je 28 kW in Reihe,
2 Drehmotoren von je 28 kW in Reihe:
außerdem für den Drehkran zu 20 t:
1 Hubmotor von 52 kW,
1 Drehmotor von 8,5 kW,
1 Einziehmotor von 29 kW,
1 Fahrmotor von 45 kW.

Eine durch Größe und Anordnung bemerkenswerte Kohlenentlade- und Transporteinrichtung ist von P o h l i g in Savona und San Giuseppe geschaffen[4]).

Die Leonardschaltung wird für Hebezeuge in erster Linie bei großen Motorleistungen angewendet, wie z. B. bei einem von S S W für die S k o d a A G gelieferten Kran[5]), wegen der bequemeren Bedienung der kleinen Schaltwalzen und der verlustlosen Geschwindigkeitsregulierung. Außerdem kommt sie aber auch dann zur Anwendung, wenn die kleinsten und größten Lasten mit der höchsten und niedrigsten Geschwindigkeit gehoben oder gesenkt werden sollen, wenn sehr häufig angelassen oder während langer Arbeitszeiten mit verminderter Geschwindigkeit gearbeitet werden muß, und aus andern Gründen mehr. Gegenüber der Schützensteuerung, die ebenfalls nur eine kleine Schaltwalze, die Meisterwalze, erfordert, besitzt die Leonard-Steuerung den Vorzug der feineren und weitergehenden Geschwindigkeitsregulierung und des verlustlosen Anlassens, ist dafür aber auch in der Anschaffung erheblich teurer.

Auch die Ausrüstung der Laufkrane mit Deri-Motoren ist durch B r o w n , B o v e r i & C o. weiter ausgebildet[6]). Bei Motorleistungen über 60 kW werden Doppelkollektormotoren angewendet.

Die bekannt gewordenen Verbesserungen erstrecken sich zum größten Teil auf die Sicherstellung einer gleichmäßigen und beliebig feinstufigen Absenkung der Last. Wie W i n t e r m e y e r[7]) mitteilt, versehen die B e r g m a n n - E l e k t r i z i t ä t s w e r k e die Hauptstromhubmotoren mit einer zusätzlichen Nebenschlußwicklung, die nur beim Senken erregt wird. Der voll erregte Motor übt folglich sofort ein Bremsmoment aus, so daß die Last nicht frei fallen kann. Die A E G[7]) wendet einen durch DRP geschützten Bremswiderstand an. Wenn nämlich bei Schaltwalzen mit Senkbremsstellungen, hinter denen eine Freifallstellung und anschließend Senkkraftstellungen sind, bei schwerer Last der Steuerhebel aus Unachtsamkeit zu weit ausgelegt wird, z. B. direkt bis zu den Senkkraftstellungen, so nimmt der Motor eine zu hohe Drehzahl an. Geht jetzt der Kranführer rasch auf die Senkbremsstellung zurück, so tritt selbstverständlich eine sehr starke Verzögerung ein, aber auch eine sehr hohe Ankerstromstärke,

durch welche starkes Feuer am Kommutator hervorgerufen wird. Um dies zu vermeiden, wird im Augenblick des Zurückgehens ein Widerstand eingeschaltet. Bewirkt wird dies durch eine kleine, von der Hauptwalze durch einen Winkelhebel zwangläufig gesteuerte Hilfswalze, durch welche ein aus zwei gleichen Teilen bestehender Widerstand parallel geschaltet wird, solange sich der Steuerhebel von der Nullage entfernt, aber hintereinander, sobald der Steuerhebel zurückbewegt wird. Hierdurch tritt demnach eine vierfache Steigerung des Widerstandes ein. Für Drehkrane wendet die A E G[7]) ebenfalls eine durch DRP geschützte Anordnung an. Um an Raum zu sparen, der in den Führerständen der Drehkrane meist sehr knapp ist, werden nur zwei Senkstellungen angewendet: in der ersten sind sämtliche Widerstände vorgeschaltet, in der zweiten nur ein Teil. Die Bremse wird beim Senken durch den Steuerhebel gelüftet. Ist die Last schwer genug, so sinkt sie nieder, ist sie aber leicht, so muß noch die Drehwalze zu Hilfe genommen werden, welche nach beiden Seiten vor der Stellung 1 die Stellung ½ hat, auf der sie den +-Pol des Netzes mit dem Hubmotor verbindet. Sinkt nach dem ersten Stromstoß die Last allein weiter, so kann die Drehwalze weiter bewegt werden, um gleichzeitig den Kran zu drehen, ist aber der leere Haken oder eine ganz geringe Last zu senken, so muß die Drehwalze während der ganzen Zeit auf der Stellung ½ stehenbleiben. Von L o d e r[8]) wird eine Gegenstromsenkbremsung (Schaltung *e*) der S S W beschrieben. Diese bei nicht selbstsperrenden Getrieben angewendete Schaltung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Hubmotor auch beim Senken im Hubsinne geschaltet ist, aber mit so viel Widerstand im Rotorkreis, daß sein Drehmoment zum Heben der Last nicht ausreicht, sondern nur zum Halten der Maximallast. Kleine Lasten werden auf den gleichen Schaltstellungen also nicht gesenkt, sondern infolge des überwiegenden Motordrehmoments gehoben. Um dies zu vermeiden, wird in das Getriebe eine einseitig wirkende Hubsperradbremse eingebaut, die beim Heben gelüftet wird, beim Senken aber angezogen bleibt, so daß sich das Getriebe nur im Senksinne drehen kann. Die außerdem noch erforderliche Haltebremse wird dann als Senksperradbremse ausgebildet, die gerade umgekehrt wirkt. Durch einen einzigen Motorbremsmagnet, der bekanntlich beim Heben und Senken entgegengesetzte Drehung ausführt, wird beim Heben die eine und beim Senken die andere Bremse gelüftet. Diese Einrichtung ist den S S W geschützt und hat sich vorzüglich bewährt. Damit auch der leere Haken oder ganz leichte Lasten rasch gesenkt werden können, sind noch, wie bei den bekannten Gleichstromwalzen, eine Freifall- und zwei Senkkraftstellungen vorgesehen. In letzteren arbeitet der Motor beim Senken des leeren Hakens als Motor, bei größeren Lasten dagegen als asynchroner Generator mit übersynchroner Drehzahl, wodurch er bremsend wirkt und auf das Netz zurück arbeitet. Ein zu weites Auslegen des Steuerhebels beim Senken einer größeren Last hat also nicht die unangenehmen Folgen wie bei Gleichstromantrieben. Eine moderne Spezialität der Hebezeuge sind Verladebrücken mit großen Spannweiten für Kohlen-, Erz-, Eisen-, Holz- usw. Lagerplätze. Da bei ihnen die Fahrwerke der beiden Stützen unabhängig voneinander durch je einen Motor angetrieben werden, ist es erforderlich, dafür zu sorgen, daß die Fahrgeschwindigkeiten beider stets gleich sind, gleichgültig, ob die Last sich in der Mitte oder in der Nähe einer Stütze befindet. Es lassen sich nun auch bei Verwendung von Hauptstrommotoren die Drehzahlen praktisch gleich halten, z. B. durch die bekannte Kreuzschaltung, bei der das Feld des einen Motors mit dem Anker des andern hintereinander liegt und umgekehrt, aber trotzdem ist die gleichmäßige Stellung der beiden Stützen noch nicht gesichert, weil die mechanischen Bremsen ungleich wirken können oder die Reibung auf den Schienen, z. B. bei Glatteis, verschieden ist. Damit in solchen Fällen die nacheilende Stütze beschleunigt wird, wenden die S S W[9]) einen Regler für die Feldwicklung der Motoren an. Dieser tritt in Tätigkeit, wenn der Unterschied in der Stellung der Stützen einen bestimmten Betrag überschreitet, und schaltet parallel zu der Feldwicklung des nacheilenden Motors Widerstand, wodurch die Feldstärke geschwächt und die Drehzahl erhöht wird. Sobald sich die Stützen

wieder in Parallelstellung befinden, tritt der Regler wieder außer Tätigkeit. Das freie Wellenende des Reglers wird mit dem mechanischen Teil der Brücke in Verbindung gebracht. Damit nun aber auch der Führer eine zurückgebliebene Stütze nachholen kann, ist die Fahrwalze mit einer Nebenwalze ausgerüstet, ähnlich den Walzen für zweimotorige Straßenbahnwagen, die in der Mittelstellung beide Motoren parallel schaltet und nach jeder Seite hin nur einen einschaltet. Mit der Hauptwalze kann dann der betreffende Motor entsprechend betätigt werden. Selbstverständlich kann die Nebenwalze infolge Verriegelung mit der Hauptwalze nur bedient werden, wenn sich die Hauptwalze in der Nullage befindet. Werden Verladebrücken durch asynchrone Drehstrommotoren angetrieben, so lassen die S S W die Rotoren beider Motoren auf einen gemeinschaftlichen kleinen Widerstand arbeiten und erhalten dadurch vollständig gleiche Drehzahl. Nebenwalzen werden aber aus dem schon genannten Grunde trotzdem noch verwendet.

Laufkatzen. Die Elektrokatzen fanden weiter steigende Anwendung nicht nur für den Nahtransport in Werkstätten sondern auch für den Ferntransport von Massengütern. Besonders nach der zuletzt genannten Richtung hin sind sie vielfach verbessert und für automatischen Betrieb eingerichtet. Die beim Ringbetrieb von der Firma Bleichert schon bei mehr als 400 Anlagen angewendete Streckensicherung beschreibt Wintermeyer[10]). Die S S W[11]) wenden ein ähnliches Blockierungssystem an. Dieselben haben einen besonderen Motortyp GML für Laufkatzen geschaffen für 0,37 und 0,74 kW Leistung. Zur Überwindung größerer Höhendifferenzen werden Zahnstangen- oder Seilschleppvorrichtungen, Aufzüge und Windenwagen benutzt. Eine Bleichertsche Seilschleppvorrichtung[10]) besteht aus einem oberhalb der Seilbahn dauernd laufenden, endlosen Seil, welches sich am tiefsten Punkt selbsttätig am Laufwerk der Katze kuppelt und am höchsten entkuppelt. Der Strom für den Fahrmotor wird dabei unten ab- und oben selbsttätig wieder eingeschaltet. Die Entladung der Wagen erfolgte schon vielfach automatisch, neuerdings ist auch die Beladung in gleicher Weise durchgeführt[10]). Bleichert läßt den vor dem Füllrumpf ankommenden Wagen auf einen Wagebalken auffahren. Hierdurch wird die Füllvorrichtung unter Vermittlung eines Elektromotors in Tätigkeit gesetzt. Mit zunehmendem Gewicht des sich füllenden Wagens sinkt der Wagebalken. Durch diese Bewegung wird, ebenfalls elektrisch, die Verschlußeinrichtung des Füllrumpfes betätigt und der Strom für den Fahrmotor eingeschaltet, so daß die Katze sich in Bewegung setzt. Von der Firma C. Schenk, Darmstadt, werden, wie Schapira[12]) berichtet, Katzen mit Selbstgreifern hergestellt, die selbsttätig von beliebiger Stelle aus gesteuert werden können. Eine Anlage von Luther für 40 bis 50 t Stundenleistung im Salzbergwerk in Neu-Staßfurt wird an gleicher Stelle[12]) beschrieben.

Winden. Zu Bedeutung sind die mit Laufkatzen in Verbindung stehenden Winden gelangt. Die mit Führerstand ausgerüsteten Laufwinden bieten nichts Bemerkenswertes, da bei ihnen der Führer in bekannter Weise durch eine Schaltwalze die Hub- und Senkbewegung steuert. Dagegen findet man bei den führerlosen Laufwinden mancherlei interessante Einrichtungen. Sollen an einer bestimmten Stelle der Bahn Lasten gehoben oder abgesetzt werden, so wendet Bleichert[10]) eine Schaltung an (DRP 167 893, ÖP Nr. 25 862), bei der durch einen Anlasser Stromstöße durch einen Zugmagnet auf der Katze geschickt werden. Der Zugmagnet dreht eine Walze und schaltet den Hubmotor ein. Die Anzahl der zu gebenden Stromstöße richtet sich danach, ob die Katze heben oder fahren soll. Der Anlasser kann durch Steckkontakt an beliebiger Stelle mit der Schleifleitung verbunden werden; es ist jedoch an dieser Stelle noch eine zweite Schleifleitung erforderlich. Die Firma Bleichert hat noch mehrere sinnreiche Verbesserungen dieses Systems durchgearbeitet. Die vollkommenste Einrichtung besitzt eine Walze und einen Anlasser am Stande des Arbeiters. Die Walze, welche mit einer gleichen auf der Katze übereinstimmt, wird auf Senken, Heben usw. eingestellt, und dann der Anlasser langsam kurzgeschlossen.

Die A E G[10]) wendet in ähnlicher Weise eine Schaltwalze am Stande des Arbeiters an. Auch hierbei muß eine zweite Schleifleitung an der Entladestelle vorhanden sein. H. J o c k l , Dresden, hat sich eine Schaltung schützen lassen[13]) (DRP Nr. 263 992), bei der für jeden Arbeitsvorgang ein Druckknopf bedient wird. Durch diesen wird ein Hilfsmotor auf der Katze eingeschaltet, der einen Walzenschalter dreht, wodurch die gewollte Bewegung bewirkt wird. Der Hilfsmotor wird durch eine Kontaktwalze nach erfolgter Betätigung abgeschaltet. Die E l e k t r o m o t o r e n w e r k e G r a d e n w i t z , Berlin, haben eine sehr einfache Einrichtung angegeben, bei der nur eine Schleifleitung erforderlich ist[10]). Diese muß allerdings an der betreffenden Stelle höhergelegt werden, damit der Schaltmagnet entriegelt wird. Auch vollkommen selbsttätige Einrichtungen sind geschaffen, z. B. von L u t h e r[10]) und H o l t z , Kattowitz[10]). Das Anhalten der Katze, Senken, Füllen, Aufwinden und Weiterfahren erfolgt ohne jede Bedienung. Das an jeder Katze befindliche Hubwerk ist für den Horizontaltransport nicht erforderlich und stellt hierbei unnützen Ballast dar, außerdem verteuert es die Anlage. Es sind daher von B l e i c h e r t[10]) verschiedene Vereinfachungen angegeben. Eine besteht darin, daß an der Laufkatze der Kübel nur eingehängt ist und elektromagnetisch zum Abfallen gebracht werden kann. An der Entlade- oder Ladestelle wird die Laufschiene in einer Kurve geführt und unterhalb derselben ein Seil tangential ausgespannt. Dieses legt sich unterhalb einer am Kübel befindlichen Rolle und oberhalb zweier an der Katze befindlichen Rollen. Wird jetzt der Kübel ausgelöst, so stützt er sich auf das Hilfsseil, welches nun durch eine Winde abgewickelt wird. Dabei stützt es sich auf die beiden Rollen der Katze, zwischen denen die Kübelrolle mit dem Seil hindurchgleitet. Das Aufwinden geschieht in umgekehrter Weise durch die fest angeordnete Winde. In der höchsten Stellung hakt sich der Kübel selbsttätig in die Katze ein. Auch hierbei sind an den Lade- oder Entladestellen zwei Schleifleitungen nötig. Eine andere, ebenfalls von Bleichert[10]) angegebene Methode besteht darin, daß an bestimmten Stellen, an denen be- oder entladen werden soll, eine Abzweigung von der Fahrleitung hergestellt und ein entsprechend langes Parallelgleis verlegt wird, auf dem ein besonderer Hubwagen aufgestellt wird. Sobald der zu ladende oder entladende Wagen neben dem Hubwagen ist, kuppelt letzterer sich mit diesem, nachdem er zum Halten gebracht ist. Dann legt sich ein Ausleger auf das Gehänge des Lastwagens, und ein Haken hebt den Kübel aus und läßt ihn dann sinken. Ist die Last dann wieder gehoben, der Kübel eingehängt und der Ausleger zurückgezogen, so läuft der Lastwagen selbsttätig weiter.

Fördermaschinen. Die Wirtschaftlichkeit elektrischer Hauptschachtfördermaschinen wird von den beteiligten Kreisen immer mehr erkannt und gewürdigt, nachdem immer mehr im Dauerbetrieb durchgeführte Aufzeichnungen über längere Zeitabschnitte bekannt werden. So teilt P h i l i p p i[14]) Betriebsergebnisse von sechs Fördermaschinen mit, von denen sich 2 auf 12 Monate und 1 auf 3 Monate Versuchsdauer erstreckten. Der geringste Energieverbrauch für ein Schachtpferd betrug 1,4 kW, der höchste 1,73 kW. Neben der Wirtschaftlichkeit haben auch die Sicherheitseinrichtungen einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht, was sich am besten daraus erkennen läßt, daß die bergpolizeiliche Zulassung einer Seilfahrtsgeschwindigkeit von 10 m/s fast immer erfolgt. Ein zusammenfassendes Bild einer Fördermaschinenanlage mit Leonard-Schaltung und Ilgner-Ausgleich mit allen Sicherheitseinrichtungen gibt P h i l i p p i[15]) bei der Beschreibung der Förderanlage auf Schacht II der Zeche Rheinpreußen bei Homberg a. Rh., während B l a u[16]) die auf der Gewerkschaft Niedersachsen in Wathlingen bei Celle von B r o w n , B o v e r i & C o. aufgestellte Förderanlage mit Leonard-Schaltung und direktem Ausgleich durch die Kesselanlage — Anlaßdynamo mit einer Dampfturbine gekuppelt, Drehstromdynamo für andere Zwecke als Grundbelastung der Turbine — beschreibt. Bei dieser Anlage ist eine sehr interessante Compoundierung der Erregerdynamo für die Anlaßdynamo durchgeführt, zu dem Zwecke, sowohl beim Fördern wie bei Einhängen von Lasten genau die gleiche Steuerhebellage zu erzielen.

Die bekannt gewordenen Verbesserungen[17]) erstrecken sich zum größten Teil auf den Retardierapparat und auf die Bremsen. Außerdem ist noch eine Einrichtung der S S W zu erwähnen, die verhütet, daß der Maschinist bei der Seilfahrt mit zu großer Geschwindigkeit fährt. Sie besteht in einem Sperrmagnet am Steuerbock, der den Steuerhebel sperrt, sobald die zulässige Geschwindigkeit erreicht ist. Eingeschaltet wird der Magnetstrom durch einen Schalter an der Hängebank, der gleichzeitig mit dem Signal „Seilfahrt" betätigt wird. Durch die Einführung des Einphasenkollektormotors in die Fördertechnik ist es erforderlich geworden, die Sicherheitseinrichtungen den Eigenarten des Motors anzupassen. Wie Thallmeyer[18]) an dem Beispiel der Oheimgrube, welche eine Fördermaschine mit Doppelkollektormotor nach Deri von Brown, Boveri & Co. erhalten hat, zeigt, ist dies bereits gelungen. Die Stellung des Steuerhebels wird während der Bremsperiode durch abgestufte Mitnehmernasen an der Teufenzeigermutter zwangläufig geändert, damit stets die maximal zulässige Bremswirkung vorhanden ist. In dieser Anlage ist auch eine neuartige Freifallsicherheitsbremse zur Anwendung gelangt. Dieselbe unterscheidet sich von den bisher üblichen dadurch, daß der freie Fall durch keine Dämpfungseinrichtung behindert wird. Um trotzdem ein sanftes Bremsen zu ermöglichen, wird zwischen Gewicht und Bremshebel ein federnder Puffer geschaltet, dessen Entspannung gehemmt wird. Die Zeit vom Auslösen der Bremse bis zum Anliegen der Bremsbacken wird durch diese Einrichtung von 2 bis 3 auf $^1/_5$ Sekunde vermindert. Die Manövrierbremse wird durch einen dauernd laufenden Asynchronmotor mittels Schraubenspindel betätigt. Zwischen Motor und Spindel ist eine Reibungskupplung (DRP 239 331) geschaltet; da der Motor nach Einrücken der Kupplung nur die Spindel zu beschleunigen hat, so erfolgt das Anziehen der Bremse rasch. Um einen besonderen Bremshebel zu sparen, wird die Bremse durch eine Seitenbewegung des Steuerhebels betätigt. Damit während längerer Förderpausen die Bremse ohne Energieaufwand geschlossen gehalten werden kann, wird eine durch DRP 241 674 geschützte Einrichtung benutzt, bei der nach Erreichung des vollen Bremsdruckes eine Sperrung der Bremse und nachherige Entkupplung des Motors möglich ist. Das Öffnen der Bremse nach Entkupplung des Motors erfolgt durch ein Gegengewicht am Bremshebel.

Spille. Eine Verbesserung der bekannten Spille und Rangierwinden beschreibt Grosch[19]). Das lose Seil, welches häufig beim Rangierverkehr abgefahren wird, wird hierbei nach Verlassen des Spillkopfes aufgewickelt, und zwar auf einer unter Flur liegenden Winde. Die Anordnung ist von Vögele, Mannheim, ausgeführt, ebenso normale Rangierwinden, die unter dem Planum liegen und bei denen nur das Handrad für die Steuerwalze aus dem Boden herausragt.

Fahrbare Fördervorrichtungen. Größere Bedeutung haben in der letzten Zeit die fahrbaren Fördereinrichtungen erlangt. Eine von der Brown Portable Elevator Co. speziell für das Aufstapeln von Säcken hergestellte Konstruktion[20]) besteht aus einem fahrbaren Gestell, in dem der Antriebsmotor und das Vorgelege untergebracht sind, und zwei voneinander unabhängig verstellbaren, aus Stäben gebildeten Rolltreppen. Die obere kann von der horizontalen bis zu der steilsten Lage beliebig verstellt werden. Von Amme, Giesecke & Konegen werden für denselben Zweck fahrbare Bandförderer[21]) [22]) hergestellt. Dieselben erhalten je nach der Art des Fördergutes vollständig gekapselte oder ventiliertgekapselte Motoren für 3 kW Leistung, deren Drehrichtung umgesteuert werden kann, da auch der Transport von oben nach unten mit ihnen ausgeführt werden muß. Luther[22]) baut ähnliche Bandförderer und verwendet ausschließlich vollständig gekapselte Motoren von 1,8 bis 3 kW Leistung. Stotz[22]) führt eine Sonderkonstruktion für Eisgewinnung aus Flüssen usw. aus. Die einzelnen aus Blechtafeln bestehenden Glieder sind mit Rippen zum Festhalten der Eistafeln versehen. Zum Aufladen von Kohlen, Koks usw. auf Fuhrwerke dienen fahrbare Becherwerke[23]). Amme, Giesecke & Konegen[22]) bauen Becherwerke, deren Ausladung von Hand mittels Spindel verstellt werden kann. Ihr Antrieb erfolgt durch einen Motor von 4,5 kW,

der durch ein doppeltes Stirnradvorgelege auf eine Riemenscheibe arbeitet. Die ausgleichende Wirkung des dazwischengeschalteten Riemens wendet auch Fredenhagen[22]) bei seinen fahrbaren Becherwerken an. Hierbei wird der Motor auch für die Fahrbewegung benutzt. Die Stromzuführung erfolgt überall durch bewegliche Leitung und Steckkontakte, die beide mit Rücksicht auf die rauhe Behandlung sehr kräftig und widerstandsfähig ausgebildet werden.

Auch in Waren- und Kaufhäusern findet das elektrische Transportband Verwendung zum Transport der Pakete von den einzelnen Verkaufsständen nach der zentralen Abfertigungsstelle[24]).

[1]) Mitt. BEW 1913, S 24. — [2]) Thomälen, El. Kraftbetr. 1913, S 453. — [3]) Elektr. Kranausrüstungen der SSW nach 25jähr. Entwicklung, Teil II, S 72. — [4]) ETZ 1912, S 1326; Pietrkowski, Z. Ver. dtsch. Ing. 1913, S 568. — [5]) El. Masch.-Bau 1913, S 63. — [6]) Schuurmann, El. Masch.-Bau 1913, S 235. — [7]) Wintermeyer, Helios Exportz. 1913, S 65. — [8]) Loder, ETZ 1913, S 557 — [9]) Elektr. Kranausrüstungen der SSW nach 25jähr. Entwicklung, Teil I, S 34. — [10]) Wintermeyer, Helios Fachz. 1913, S 409. — [11]) Uhl. prakt. Fördertechn. 1913, S 27. — [12]) Schapira, Helios Exportz. 1913, S 434. — [13]) Jockl, DRP Nr. 263 992. — [14]) Philippi, ETZ 1912, S 1205. — [15]) Philippi, El. Kraftbetr. 1913, S 421. — [16]) Blau, El. Masch.-Bau 1913, S 764, 779. — [17]) Wintermeyer, Helios Exportz. 1913, S 793. — [18]) Thallmeyer, El. Kraftbetr. 1913, S 1. — [19]) Grosch, El. Masch.-Bau 1913, S 99. — [20]) Mitt. BEW 1913, S 53. — [21]) Lufft, Z. Ver. dtsch. Ingen. 1912, S 796. — [22]) Hermanns, Z. Ver. dtsch. Ingen. 1913, S 1045. — [23]) Mitt. BEW 1913, S 93. — [24]) Mitt. BEW 1912, S 182.

Maschinenantriebe.

In jedem Jahr werden neue Anwendungsmöglichkeiten für den Elektromotor gefunden und, wie aus den nachstehenden Betrachtungen hervorgeht, auch angewendet. Begünstigt wird diese rasche Entwicklung durch die Anspruchslosigkeit und Anpassungsfähigkeit des Elektromotors, durch die Ausdehnung der elektrischen Leitungsnetze auf neue, bisher unversorgte Gebiete, durch die infolge der Massenfabrikation und der höheren Materialausnutzung ermöglichte Preisverminderung und die sich immer mehr durchsetzende Erkenntnis, daß Maschinenarbeit selbst bei billigen Löhnen einen wirtschaftlichen Vorteil und eine gewisse Unabhängigkeit mit sich bringt.

Pumpen, Wasserhaltungen. Die Wasserversorgung einzelner Häuser oder Häusergruppen, Hotels, Fabriken[1]) [22]) usw. durch elektrisch angetriebene Pumpen wird vielfach selbst dort angewendet, wo Wasserleitung vorhanden ist. Es kann dies aus verschiedenen Gründen zweckmäßig sein, z. B. aus wirtschaftlichen Gründen (großer Wasserbedarf und hoher Preis des Wassers, dagegen niedriger Tarif für Kraftstrom) oder aus Gründen der Sicherheit (hochgelegene Häuser mit geringem Wasserleitungsdruck, daher Reservoir unter dem Dach und eigene Pumpen). Die jetzt üblichen Konstruktionen[2]) besitzen entweder ein Reservoir unter dem Dach oder einen Druckluftwasserbehälter im Keller, oder es läuft der Motor bei jeder Wasserentnahme an. Eine Abänderung der letzten Methode ist diejenige mit den Schaltertöpfen von ca. 5 bis 6 l Inhalt, bei denen ganz geringe Entnahmen keinen Anlauf der Pumpe bedingen. Wegen der infolge von Algenbildung oft erforderlichen Reinigung werden offene Reservoire nur noch selten und dann meist nur für Nutzwasser verwendet. Die Aufspeicherung des Wassers in Druckluftkesseln im Keller wird sehr viel angewendet[3]) [4]) [5]); auch die Anordnung mit Schaltertöpfen und mit jedesmaligem Motoranlauf[6]) sind wegen des stets frischen und im Sommer kühlen Wassers sehr beliebt geworden. Für Gartenbewässerung und für Feuerlöschzwecke[7]) werden fahrbare oder tragbare, rotierende Pumpen direkt mit dem Motor gekuppelt angewendet. Einige Sonderschaltungen zum selbsttätigen Anlassen und Regeln von Motoren zum Antrieb von Pumpen, besonders von Dockpumpen, beschreibt Cruse[8]). Auch Wasserwerke wenden neuerdings elektromotorischen Antrieb der Pumpen an. Sie sind zwar meist noch nicht dazu übergegangen, Zentrifugal-

pumpen mit Motor gekuppelt anzuwenden, sondern behalten die langsam laufenden Kolbenpumpen bei. So sind z. B. im Wasserwerk Wuhlheide[9]) der Stadt Berlin vier Kolbenpumpen zu 300 kW, $n = 72$, mit direkt gekuppelten Drehstrommotoren angetrieben. Da die Ergiebigkeit der Brunnen beim Bau noch nicht feststand, wurde Regulierbarkeit der Motoren durch einen Regulierumformer, der aber erst bei Bedarf beschafft werden soll, vorgesehen. Für die Preßwasseranlagen großer Hüttenwerke werden dagegen[10]) Hochdruckkreiselpumpen angewendet, z. B. für die Gewerkschaft Deutscher Kaiser Pumpen mit $n = 1450$, Antriebsmotor von 480 kW, Leistung 3 m^3/min bei 56 A Druck. Ähnliche Anlagen sind auf der Union, Dortmund, u. a. im Betriebe. Für die Abwässerpumpen der Kanalisationswerke sind elektromotorisch angetriebene Pumpen besonders wertvoll, weil bei plötzlichen Gewitterregen die Reservepumpen sofort in Betrieb genommen werden können, ohne daß erst Kessel angeheizt oder die im Betrieb befindlichen forciert zu werden brauchen. Dazu kommt, daß bei kleineren Anlagen durch entsprechende, durch Schwimmer betätigte Anlaßeinrichtungen ein vollkommen selbsttätiger Betrieb eingerichtet werden kann, wie dies z. B. in dem Werk der Gemeinde Marienfelde bei Berlin[11]) geschehen ist. Es sind dort zwei Pumpen, die durch je einen Drehstrommotor von 18 kW angetrieben werden, aufgestellt. Die Stadt Berlin hat aus Gründen der Wirtschaftlichkeit in drei Pumpenstationen elektrischen Betrieb eingerichtet[12]). In der Station Gitschinerstr. sind zwei direkt mit Drehstrommotoren gekuppelte Kolbenpumpen für je 220 kW installiert. Die im Abwasser enthaltenen festen Stoffe werden durch einen elektrisch betriebenen Hebeschlitten gehoben und dann in Quetschen (Reißwölfe), die durch je einen Motor zu 20 kW angetrieben werden, geleitet. Zerkleinert gehen die Schwimmkörper den Pumpen zu und werden nach den Rieselfeldern gedrückt.

Die Stadt Dresden[13]) hat von der A E G in Gemeinschaft mit der Maschinenfabrik Cyklop, Mehlis & Behrens, Berlin, für die Schwemmkanalisation insgesamt acht Pumpen für verschiedene Förderhöhen mit zusammen 1780 kW Leistung bezogen. Selbst in kleineren Verhältnissen — Fabriken, Hotels[14]) usw. — findet die elektrisch betriebene Abwässerpumpe rasch Eingang.

Das Gebiet der Wasserhaltungen in Bergwerken hat sich die elektromotorisch angetriebene Hochdruckkreiselpumpe fast vollständig erobert. Die ausschließliche Anwendung der Kreiselpumpe wird erst dann möglich sein, wenn es den Pumpenkonstrukteuren gelingt, Pumpen für kleine Wassermengen auch für große Förderhöhen zu bauen. Erfolge auf diesem Gebiet sind schon zu verzeichnen, jedoch ist das Ziel bei weitem noch nicht erreicht. Auf dem Schacht der Bergwerksgesellschaft Hermann, Bork[15]), sind z. B. drei Sätze Jäger-Pumpen im Betrieb für je 1000 m Förderhöhe, 5 m^3/min, $n = 1480$ und 1250 kW Leistung der antreibenden Weuste-Motoren. Vorläufig benutzt man in Fällen mit wenig Wasser und großer Förderhöhe raschlaufende Pumpen[16]), meist mit $n = 3000$, für geringe Förderhöhen und schaltet sie etagenweise hintereinander, so daß die nächst tiefere immer die Zubringerpumpe der darüber befindlichen bildet.

Luftmaschinen. Die Zahl der Staubsaugeapparate[17]) verschiedener Konstruktion ist immer noch im Wachsen begriffen; bei allen dient der Elektromotor als Antriebskraft, sei es, daß er direkt gekuppelt die Pumpe antreibt oder durch Riemen oder Zahnrad. An Stelle des transportablen Apparates scheint sich der festeingebaute mit Rohranschlüssen in den einzelnen Stockwerken mehr einzubürgern, besonders in Neuanlagen und dort, wo eine sehr häufige Benutzung stattfindet, wie in Hotels[14]), Kaufhäusern usw. Der elektrische Haartrockner wird immer mehr ein Massenkonsumartikel, da der Stromverbrauch verschwindend klein und der Apparat jederzeit gebrauchsbereit ist. Von Schäfer, Frankfurt a. M., wird ein Apparat (Harmattan Simplex) gebaut[18]), der nur 0,85 kg wiegt. Der Heizkörper liegt in üblicher Weise mit dem Motor hintereinander, so daß es durch Auswechslung des Heizkörpers möglich ist, den Apparat für alle Spannungen zu benutzen. Damit er auch für alle Stromarten brauchbar

ist, wird der Motor als Serienmotor ausgeführt. Ein solcher Apparat eignet sich besonders für die Reise. Die A E G[19]) versieht die Apparate mit einem anmontierten Serienschalter, durch den es ermöglicht wird, sowohl warme wie kalte Luft abzugeben. Im letzten Falle wird der im Austrittstutzen liegende Heizwiderstand ausgeschaltet. Luftbefeuchter, die in Spinnereien, Webereien usw. schon seit längerer Zeit benutzt werden, kommen jetzt auch für Wohnräume zur Anwendung[20]). Bei Dampf- und Warmwasserheizung wird stets über zu trockene Zimmerluft in der kälteren Jahreszeit geklagt. Es ist deshalb der einfache und preiswerte elektrische Apparat zu begrüßen. Fahrbare Gebläse zum Ausblasen der Wicklungen von Maschinen und Motoren werden in Elektrizitätswerken und größeren Betrieben schon seit längerer Zeit angewendet. Neuerdings werden derartige Gebläse auch für andere Zwecke, z. B. zum Belüften von Fässern[21]), für einen Luftdruck von ca. 760 mm Wassersäule gebaut. Bei den Hafenanlagen für den Umschlag von Getreide spielen die elektropneumatischen Getreideförderer eine große Rolle. Die Exhaustoren erhalten wegen der steten Betriebsbereitschaft meist elektrischen Antrieb, wie z. B. in der von Gebr. Seck gelieferten Einrichtung im Franke-Haus[22]), Berlin. Durch zwei Maschinensätze mit je einem Motor zu 22 kW werden zusammen stündlich 30 t Getreide befördert. Eine sehr interessante Neuerung sind die elektrisch angetriebenen Bierdruckapparate[23]). An Stelle der jetzt allgemein üblichen Kohlensäure wird gewöhnliche atmosphärische Luft, die gereinigt und entsprechend komprimiert wird, verwendet. Der aus einem Kompressor und dem ihn durch Riemen antreibenden Elektromotor bestehende Maschinensatz ist sehr klein und arbeitet vollkommen automatisch. Das Ein- und Ausschalten des Motors wird durch ein Kontaktmanometer besorgt, sobald der Druck unter einen gewissen Betrag gesunken ist. Die Kosten zum Empordrücken von 1 hl Bier betragen ca. ¼ Pf bei 16 Pf/kWh Strompreis. Der kleine Apparat genügt, um stündlich bis zu 20 hl zu heben. Der Antrieb der Orgelgebläse, welcher schon durch eine ganze Reihe von sehr interessanten Konstruktionen gelöst ist, wird in neuerer Zeit durch die Firma Köpp, Grevenbroich, mit einer pneumatischen Steuerung[24]) ausgerüstet. Der Hauptschalter wird vom Luftbalg geschlossen, der Anlasser unter Vermittlung eines Schiebers von zwei Kolben durch den Luftdruck betätigt. Der Motor wird stets bei höchstem Druck aus- und bei kleinstem wieder eingeschaltet.

Eismaschinen, Kühlanlagen. Die Verwendung des Elektromotors zum Antrieb von Kühl- bzw. Eismaschinen hat im Berichtsjahr, wenn auch nur langsam, zugenommen. Infolge günstigerer Tarife haben vielfach Eisfabriken ihre Eismaschinen durch Elektromotoren angetrieben[25]), wie z. B. die Firma Gebr. Niemetz, Britz, die täglich etwa 20 t Kunsteis fabriziert. Zum Antrieb wird ein Motor von 22 kW benutzt. Kleine Kühlmaschinen mit Elektromotorantrieb werden für die Zwecke der Raumkühlung in modernen Wohngebäuden schon vielfach eingebaut, und zwar meist als Zentralanlage im Keller. Noch mehr Verbreitung hat die kleine Kühlmaschine in den Geschäften mit leicht verderblichen Waren, z. B. in Fisch- und Fleischhandlungen usw., gefunden, da sie hier den umständlichen Eistransport entbehrlich macht und eine sehr angenehme Unabhängigkeit von der Pünktlichkeit des Eislieferanten schafft. Eine größere Anlage[26]) mit je zwei Motoren für 44 kW ist dadurch bemerkenswert, daß die Drehstrommotoren zwecks Tourenregulierung mit Regulieranlasser versehen sind. Eine Maschine dient zur Eisfabrikation, die andere zur Raumkühlung. Ein großes Eiswerk hat die American Refrigerating Co., Los Angeles, Kalifornien, in Betrieb genommen[27]). Der Antrieb der Eismaschine erfolgt durch Drehstrommotoren mit sechsphasigem Rotor, die durch Ankerwiderstände bis zu 50% reguliert werden können. Das Kondenswasser der Dampfturbine wird zur Eisfabrikation verwendet.

Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge.

Metallbearbeitung. Der elektrische Einzelantrieb der Werkzeugmaschinen hat weitere Verbreitung gefunden. Beigetragen hat hierzu, daß viele Fabriken

für Werkzeugmaschinen, welche bisher noch ablehnend beiseite standen, nunmehr, zum Teil durch die Entwicklung gezwungen, zum Bau elektromotorisch angetriebener Maschinen übergegangen sind. Eine wie große Auswahl derartiger Maschinen heute schon dem Käufer zur Verfügung steht, geht aus einem Aufsatz von Koch[28]) hervor. Die Geschwindigkeitsregulierung wird vielfach noch auf mechanischem Wege bewirkt, weil die Kosten von Räderkasten o. dgl. häufig erheblich geringer sind als die Mehrkosten eines regulierbaren Motors gegenüber dem normalen. Heymann[29]) beschreibt den Antrieb schwerer Blechscheren mit Compoundmotoren zu 100 kW, $n = 360$, ohne Schwungmassenausgleich, damit sich ein angefangener Schnitt aufhalten läßt. Der Motor wird durch Schützen gesteuert und jedesmal angelassen und stillgesetzt. Für Blechbiege- und Richtemaschinen kommt der gleiche Motortyp, aber meist mit höherer Drehzahl, zur Verwendung. Der Anpressungsdruck wird durch Motoren von 7,5 kW bewirkt, und zwar werden wegen der feinen Regulierung stets Gleichstrommotoren hierzu genommen, die durch Schaltwalzen gesteuert werden. Alle transportablen Maschinen werden wegen der bequemen Zuleitung der Kraft überwiegend elektrisch angetrieben. Dies hat auch zu der Konstruktion der elektrischen Nietmaschine geführt. Diejenige der Firma Flohr, Berlin[30]), besitzt einen Vertikalmotor, der durch Spindel und Wandermutter den Niethebel, welcher den Stempel trägt, antreibt. Der Motor muß also den gesamten Nietdruck erzeugen. Mit Rücksicht auf die intermittierende Belastung ist jedoch eine hohe Überlastung des Motors zulässig. Eine andere Lösung ist von der Leipziger Maschinenbaugesellschaft m. b. H., Leipzig-Sellerhausen[31]), erreicht. Diese Firma läßt den Motor am eigentlichen Nietdruck nur wenig mitarbeiten, sondern benutzt ihn nur dazu, ein Schwungrad in den Nietpausen auf Touren zu bringen. Beim Nieten gibt dies seine Energie unter entsprechender Abnahme der Drehzahl wieder ab. Nach diesem Prinzip werden Nietmaschinen für Drücke bis 120 t hergestellt. Der Stempel wird durch einen Kniehebelmechanismus betätigt. Die selbsttätig arbeitenden Maschinen, die in der Massenfabrikation vorherrschend sind, verlangen möglichst gleichbleibende Drehzahlen, und werden daher mit Vorliebe einzeln angetrieben[32]), weil sie nur so unabhängig vom Betrieb der Nebenmaschinen arbeiten können. Eine eigenartige Schleifmaschine, den Vibrationsschleifapparat, Pat. Sander[33]), bringt E. Siegmund, Zürich, auf den Markt. Ein Motor von ca. 0,08 kW Leistung und $n = 1400$ ist mit zwei Wellenstümpfen versehen, auf denen sich kleine Kurbeln befinden. Jede derselben treibt einen horizontalen Schleifschlitten an, auf dem der Schleifstein befestigt ist. Die Schleifflächen der Steine sind vollkommen eben; einer der beiden Steine dient zum Vorschliff, der andere zum Fertigschliff. Die kleine Maschine arbeitet vollkommen geräuschlos. Um bei der hohen Drehzahl eine sanfte Bewegung im toten Punkt zu erzielen, sind Kulissen angewendet.

Holzbearbeitung. Der Einzelantrieb findet in steigendem Maße Anwendung. Es werden zwar auch kleinere Gruppen zusammengefaßt, doch meist nur von solchen Maschinen, die sehr geringe Kraft beanspruchen. Die gegenseitige Unabhängigkeit bei Überlastungen, die recht häufig eintreten, führt mehr als bei der Metallbearbeitung zum Einzelantrieb. Eine ausführliche Zusammenstellung der bekannt gewordenen Ausführungen gibt Jacobi[34]). Der Antrieb aller nicht ortsfesten Holzbearbeitungsmaschinen wird aus den bekannten Gründen der Kraftzuleitung fast ausschließlich elektrisch bewirkt, dementsprechend sind auch die Ausführungsformen derartiger Maschinen sehr mannigfaltig[35]) [36]). Neben Kreissägen, die am häufigsten vorkommen, werden Bandsägen, Holzspaltmaschinen, letztere oft mit einer Band- oder Kreissäge kombiniert, und Steifsägen transportabel hergestellt. Der Riemenantrieb herrscht überall vor.

Steinbearbeitung. Der Bohrhammer der Maschinenfabrik Otto Püschel, Großlichterfelde, ist inzwischen in etwas abgeänderter Form als Betonstampfer auf den Markt gekommen[37]). Die Drehbewegung kam dabei in Fortfall. Der ganze Apparat wiegt nur 16 kg, macht minutlich 600 Stöße und braucht nur ca. 0,55 kW.

Die Kurbelstoßbohrmaschine der SSW beschreibt Sproecke[38]). Ebenso ein neues Bohrwerkzeug der SSW, den Bohrhammer. Auch bei diesem wird neben der Schlagwirkung noch eine Drehbewegung erzeugt. Der ganze Apparat wiegt 38 kg.

Webstühle, Spinnmaschinen, Papiermaschinen. Neue Einrichtungen auf diesem Gebiet sind nicht zu verzeichnen. Meyer[39]) weist auf den größeren Gesamtwirkungsgrad elektrisch angetriebener Spinnereien hin und auf den großen Einfluß des Stillstandes einzelner Maschinen auf die Energiekosten. Der Drehstrom- bzw. Einphasenstromkollektormotor scheint mit Erfolg auch für den Papiermaschinenantrieb, der bisher als ausschließliches Gebiet des Gleichstrommotors galt, Verwendung zu finden.

Bergwerke, Hüttenwerke, Walzwerke. In den Anlagen über Tage beherrscht der Elektromotor unbedingt das Feld, nicht so unter Tage. In schlagwetterfreien Gruben ist zwar eine starke Zunahme auch unter Tage zu verzeichnen, dagegen sind sowohl die strengen bergpolizeilichen Vorschriften als auch die Abneigung vieler älterer Grubendirektoren der Einführung des Elektromotors in Gruben mit Schlagwettergefahr nicht günstig. Die bisherigen Erfahrungen mit den schlagwettersicher gekapselten Motoren, Transformatoren, Schaltwalzen und sonstigen Apparaten sind sehr gut gewesen, so daß zu hoffen ist, daß mit der Zeit auch hier der Elektromotor sich die Anerkennung erringt, die er auf andern Gebieten schon lange besitzt. An der Durchbildung des schlagwettersichern Materials wird von allen Firmen angestrengt gearbeitet[40]), da die im Laufe der Zeit im Betrieb gewonnenen Erfahrungen bei der weiteren Durchbildung verwertet werden müssen. Über den jetzigen Stand der schlagwettersichern Konstruktionen hat Lisse, Kattowitz, auf dem Allgemeinen Bergmannstage in Wien[41]) ausführlich berichtet. Koneczny[42]) schlägt eine Normalisierung der Anlagen in Bergwerken vor, 5000 V für die Drehstrommotoren, zwei getrennte Kabel je für die Gesamtleistung, Motoren von 3000 Touren für die Pumpen usw.

Von den Walzwerksantrieben beanspruchen naturgemäß diejenigen für Umkehrstraßen das Hauptinteresse. Der Antrieb durch Gleichstrommotoren mit Leonard-Schaltung und Ilgner-Ausgleich kommt allein in Frage. Die Algoma Steel Company in Kanada hat eine größere Umkehrwalzenstraße mit elektrischer Ausrüstung in Betrieb genommen[43]). Die beiden hintereinander geschalteten Antriebsmotoren leisten normal je 1500 kW bei $n = 75$ und $2 \cdot 600$ V Spannung. Auch die beiden Anlaßgeneratoren des Ilgner-Aggregates liegen hintereinander; sie leisten je 1700 kW bei $n = 375$. Der antreibende Drehstrommotor kann 1300 kW bei 2200 V und 25 Per abgeben. Das Schwungrad von 3,65 m Durchmesser und 68 t Gewicht besteht aus Gußstahl. Ein Drehstrom-Gleichstromumformer von 40 kW gibt die Erregung für die beiden Walzmotoren und die Anlaßgeneratoren ab. Das im Ankerstromkreis der Walzenmotoren liegende Maximalrelais unterbricht bei gefährlichen Überlastungen die Erregung des Umformers, so daß die Stromunterbrechung auf indirektem Wege ohne Lichtbogenbildung vor sich geht. Die beiden Walzmotoren leisten zusammen maximal 7350 kW, entsprechend 95 000 kg/m, selbstverständlich nur auf kurze Zeit. Sie besitzen außer den Wendepolen noch eine Kompensationswicklung auf den Hauptpolen. Die Ladung und Entladung des Schwungrades erfolgt durch einen selbsttätigen Schlupfwiderstand. Sämtliche Lager des Ilgner-Umformers und der Walzmotoren haben Ringschmierung und Preßölschmierung erhalten, außerdem noch Wasserkühlung.

Es ist nun ganz interessant, zum Vergleich eine deutsche Ausführung für etwa dieselben Leistungen gegenüberzustellen. Für den Phönix, Abt. Hörder Verein, wurde eine Umkehrstraße von Gebr. Klein, Dahlbruch, geliefert, dessen elektrischer Teil von den SSW stammt.[44]). Die Maximalleistung der beiden Walzmotoren beträgt 7550 kW bei $n = 35$ und $2 \cdot 500$ V. Die Anlaßgeneratoren sind ebenfalls hintereinander gechalte t und können die eben genannten Leistungen abgeben. Sie habens Gegencompoundierung erhalten. Der Drehstrommotor macht 428 Touren in der Minute bei 50 Per und 2850 V.

Das Doppelschwungrad aus Stahlguß wiegt 60 t. Druckölschmierung und Wasserkühlung haben nur die Schwungradlager erhalten, alle andern Ringschmierung und Wasserkühlung. Der selbsttätige Schlupfregulator (DRP 179 803) liegt parallel zu dem Heißwasseranlasser. Der Erregerstrom wird von einem Drehstrom-Gleichstromumformer mit 500 V Gleichstromspannung geliefert. Durch einen besonderen Ventilator wird den Walzmotoren Kühlluft zugeführt. Die Steuerung erfolgt durch Schützen. Auch die Feldschwächung der Walzmotoren, wodurch deren Drehzahl auf 120 in der Minute gesteigert werden kann, erfolgt durch Schützen. Damit bei der Feldschwächung die Walzmotoren trotzdem durch den Maximalschalter geschützt sind, wird dieser gleichzeitig durch den Feldstrom derart beeinflußt, daß bei Feldschwächung die Auslösestromstärke herabgesetzt wird. Ein Sperrmagnet am Steuerbock verhindert ein vollständiges Auslegen des Hebels, wenn die Drehzahl des Schwungradumformers zu tief gesunken sein sollte. Damit die Steuerdynamos sich rasch erregen, ist zur Überwindung der Selbstinduktion der Magnetspulen diesen ein Widerstand vorgeschaltet, welcher 250 V, also die Hälfte der Erregerspannung, aufnimmt (DRP 170 154). Bei dem Panzerplattenwalzwerk des Eisenwerks Witkowitz[45]) besitzt der Walzmotor ebenfalls Wendepole und Kompensationswicklung. Er macht 70 Umläufe in der Minute; durch Feldschwächung können 140 Touren erreicht werden. Die Straße dient zum Vorwalzen von Blöcken bis zu 100 t Gewicht.

Mit Rücksicht auf das bei Umkehrstraßen möglichst klein zu haltende Schwungmoment werden die Ankerdurchmesser sehr knapp gehalten, und es ergeben sich daher schlechte Abkühlungsverhältnisse. Eine Preßluftkühlung wird daher allgemein angewendet[46]). Mit Rücksicht auf den staubigen Betrieb muß die Luft aber unbedingt gefiltert werden.

Die Anzahl der elektrisch betriebenen Walzenstraßen ist schon ziemlich bedeutend. Es sollen[47]) in England 170 Straßen mit zusammen 75 000 kW und auf dem Festlande 30 Straßen mit zusammen 120 000 kW im Betriebe sein. In England ist Antrieb durch Drehstrommotoren und Seil- bzw. Vorgelegebetrieb vorherrschend, während auf dem Festlande der Gleichstrommotor und die direkte Kupplung vorgezogen wird.

Sonstige Antriebe. Die Einführung des Kleinmotors in den Haushalt wird eifrig betrieben, nicht des geringen Stromverbrauchs halber, sondern als Mittel zum Zweck, die Elektrizität populär zu machen. Neukonstruktionen sind daher in ziemlicher Anzahl bekannt geworden. Vom Alexanderwerk[48]) wird für Anstaltsküchen usw. eine Kartoffel- und Rübenschälmaschine Ozeana für 300 kg Stundenleistung hergestellt. Der Motor treibt durch Schnecke an. Für Hotelküchen werden sog. elektrische Hoteleinrichtungen[49]) hergestellt, die aus den verschiedenen auf einen gemeinsamenTisch montierten Haushaltsmaschinen-Antrieb — von unten durch einen einzigen Motor — bestehen. Für Fleischerläden kommt der Schabefleischwolf[49]) mit Motor von 0,75 kW zur Ausführung. Die „Thor"-Hauswaschmaschine [50]) ist eine kombinierte Wasch- und Wringmaschine, die ebenso wie die „Thor"-Bügelmaschine[50]) elektrisch angetrieben wird. Letztere wird, wenn kein Heizdampf vorhanden ist, auch elektrisch geheizt. Die elektrische Wäschemangel, „Teck-Mangel"[51]), ist besonders für den Haushalt geschaffen. Nähmaschinen[52]), Steppmaschinen[52]), Stickmaschinen[52]) usw. der Hausindustrie erhalten zunehmend elektrischen Antrieb. In der Kosmetik wird der Elektrovibrator[53]) für Gesichtsmassage angewendet.

Im Postdienst findet die elektrische Seilpost[54]) Verwendung, wie z. B. im Haupttelegraphenamt in Berlin, ferner Maschinen zur Fertigmachung von Briefen für die Postscheckinhaber[55]). Der Gummirand wird angefeuchtet und angedrückt, gleichzeitig wird der Abgangsstempel aufgedrückt. Seit Einführung der Barfrankierung arbeiten elektrische Brieffrankier- und Stempelmaschinen[56]), die 400 Briefe in der Minute bewältigen, in den Postämtern. Dauernd benutzte Rechenmaschinen in statistischen Bureaus usw. erhalten Motorantrieb zur Vermeidung des ermüdenden Kurbeldrehens. In Apotheken[58]) (Pillenstanze, Verbandstoffschneidemaschine, Tablettenmaschine, Rührwerke) Bierbrauereien[59])[60])

(Flaschenspülmaschine, Faßwaschmaschine, Faßrollmaschine, Stürzmaschine für große Fässer, Malzwender, Pumpen usw.), Druckereien[61] (Schnellpressen, Rotationsmaschinen, Papierschneidemaschinen, Spezialmaschinen für die Herstellung von Galvanos usw.), Ziegeleien[62] (Bagger, Tonschneider, Seilbahn, Rührwerke, Pumpen, Feldbahn), Kaffeeröstereien[63] (Waschmaschine, Röstmaschine, Kühlraum, selbsttätige Verpackmaschine), Hutfabriken[64] (Nähmaschine, Appreturmaschine, Poliermaschine, Mixmaschine), Schallplattenfabriken[65] usw. findet der anpassungsfähige und immer betriebsfertige Elektromotor stets größere Verwendung. Auch das Baugewerbe, welches bis vor nicht langer Zeit fast ohne jede Maschinenhilfe arbeitete, ist jetzt dazu übergegangen, sich der Maschine und besonders der elektrisch angetriebenen in ausgedehntem Maße zu bedienen. In erster Linie sind es die fahrbaren Mastdrehkrane[66] und die Mörtel- und Betonmischmaschinen, dann aber auch die Winden zum Emporziehen der Lastwagen aus der Baugrube, die Baugrubenaufzüge u. a., welche elektrischen Antrieb erhalten haben. Bei der Feuerwehr hat sich das elektrische Auto längst eingebürgert, neuerdings auch die elektrische Leiter[67]. Ein Motor von 5,5 kW dient zum Fahren, ein Motor von 3,7 kW zum Aufrichten und Aufziehen der im zusammengelegten Zustand 8 m, im ausgezogenen Zustand 27 m langen Leiter.

Der in ähnlicher Weise wie der Anschützsche Apparat ausgeführte Kreiselkompaß der Sperry Gyroscope Co., New York[68], wird durch einen kleinen Drehstrommotor von $n = 8600$ angetrieben. Zur Verminderung der Reibung läuft der Kreisel im Vakuum. Durtnall[69] hat sich für den elektrischen Antrieb von Schiffspropellern das Paragonsystem schützen lassen. Hierbei wird der asynchrone Drehstrommotor mit Kurzschlußanker, der ohne jeden Zweifel der betriebssicherste Motor ist und auch bleiben wird, zum Antrieb benutzt. Das Anlassen und Regeln der Geschwindigkeit wird dadurch bewirkt, daß dem Motor Strom von veränderlicher Frequenz zugeführt wird, wobei die Dampfturbine mit dem Generator mit normaler Drehzahl weiter läuft.

In ausgedehntem Maße sind in Kalifornien Eimerkettenschwimmbagger mit elektrischem Antrieb zur Goldgewinnung verwendet. Die General Electric Co.[70] hat die elektrische Ausrüstung dem eigenartigen und sehr rauhen Betrieb angepaßt. Es kommen auf einen solchen Bagger durchschnittlich 7 bis 9 Motoren mit insgesamt 800 kW Leistung zur Aufstellung. Wegen der ausgleichenden Wirkung wird überall Riemenantrieb benutzt. Die meisten Motoren sind regulierbar. Es wird Drehstrom, der meist von einer Überlandzentrale bezogen wird, verwendet. Auch in Deutschland findet der elektrisch angetriebene Bagger, der häufig mit Mehrmotorenantrieb ausgerüstet wird, mehr als früher Verwendung. Richter[71] gibt neuere Ausführungen von Löffelbaggern der Firma Menck & Hambrock bekannt. Mit großem wirtschaftlichen Erfolg ist beim Rhein-Schie-Kanal[72] die elektrische Ramme zur Anwendung gelangt. Die einer Bauwinde ähnliche Maschine besitzt eine Reibungskupplung, welche von Hand oder selbsttätig durch Zugseil gelöst wird, wenn der Rammbär an der höchsten Stelle angekommen ist und abfallen soll. Der Drehstrommotor von 7,7 kW läuft dauernd mit $n = 1450$, die Seiltrommel macht dabei 125 Umläufe in der Minute.

Eine ganz moderne Anwendung der Elektromotoren zum Antrieb von Ventilen hat Claaßen beschrieben[73]. Die von Rennert & Co., München, hergestellten Ventile sind entweder einfache Absperrventile oder Reduzierventile in Verbindung mit einem Kontaktmanometer. Auch als Rohrbruchventil können sie benutzt werden, wenn ein Kontaktmanometer angewendet wird, ferner als Mischventile, wenn ein Kontaktthermometer benutzt wird. Von Schumann & Co., Leipzig, wird auch ein elektrisches Ventil hergestellt, das aber durch ein Gewicht geschlossen wird. Der elektrische Strom (Schwachstromelemente genügen hierzu) löst nur das Gewicht aus. Die Einrichtung ist so getroffen, daß das Ventil 6 bis 9 mal hintereinander betätigt werden kann, bevor es nötig ist, das Gewicht wieder zu heben.

Bei der ersten von den S S W erbauten drehbaren Luftschiffhalle bei Biesdorf-Berlin wird das Drehen der Halle durch sechs Motoren für je 7,5 kW bewirkt. Alle Motoren werden parallel geschaltet und erhalten von der Dynamo steigende Spannung (Leonard-Schaltung). Die vorhandene Akkumulatorenbatterie kann ebenfalls zum Betrieb benutzt werden, wobei dann ein Anlasser bedient werden muß. Dies kann vorkommen, wenn der Wächter nachts die Halle drehen muß. Zum Aufblasen von Ballonhüllen ist ein Ventilator vorhanden und für den Betrieb von Preßluftwerkzeugen ein Kompressor, beide elektrisch angetrieben.

[1]) Mitt. BEW 1913, S 107. — [2]) Arendt, Helios Exportz. 1913, S 2237 2305. — [3]) Helios Exportz. 1913, S 117. — [4]) Helios Exportz. 1913, S 374. — [5]) Mitt. BEW 1913, S 66. — [6]) Helios Exportz. 1913, S 234. — [7]) Mitt. BEW 1913, S 100. — [8]) Cruse, Helios Exportz. 1913, S 44; Z. Ver. dtsch. Ingen. 1913, S 743. — [9]) Mitt. BEW 1913, S 50. — [10]) El. Masch.-Bau 1913, S 213. — [11]) Mitt. BEW 1913, S 22. — [12]) Mitt. BEW 1913, S 38. — [13]) Hammel, El. Masch.-Bau 1913, S 500. — [14]) Mitt. BEW 1913, S 54—57. — [15]) El. Masch.-Bau 1913, S 36—37. — [16]) AEG-Ztg., 15. Jg., Nr. 1, S 9. — [17]) Wernicke, Helios Exportz. 1913, S 175, 221, 485, 546, 605, 1245, 1305, 1363, 1913. — [18]) ETZ 1913, S 17. — [19]) Mitt. BEW 1913, S 179. — [20]) Mitt. BEW 1913, S 117. — [21]) ETZ 1913, S 333. — [22]) Mitt. BEW 1913, S 41. — [23]) Mitt. BEW 1913, S 73. — [24]) Helios Exportz. 1913, S 913. — [25]) Mitt. BEW 1913, S 82. — [26]) Mitt. BEW 1913, S 25. — [27]) El. Masch.-Bau 1913, S 623. — [28]) Koch, Uhl, D. Werkzeugmaschb. 1913, S 90. — [29]) Heymann, El. Masch.-Bau 1913, S 259. — [30]) Sproecke, Uhl, D.Werkzeugmaschb. 1913, S 183. — [31]) Helios Exportz. 1913, S 1426. — [32]) Mitt. BEW 1913, S 124. — [33]) ETZ 1913, S 1269. — [34]) Jacobi, Helios Fachz. 1913, S 233, 245, 257, 269, 287, 302. — [35]) Mitt. BEW 1913, S 11—12. — [36]) Helios Exportz. 1913, S 491. — [37]) Nickel, Z. Ver. dtsch.Ingen. 1913, S1037.— [38])Sproecke Uhl. D. Werkzeugmaschb. 1913, S 81. — [39]) Meyer, Z. El. Masch.-Bau (Potsd.) 1913, S 405. — [40]) AEG-Ztg., 15. Jg., Nr. 6, S 12. — [41]) Techn. Mitteil. u. Nachricht. 1913, S 45. — [42]) Koneczny, El. Masch.-Bau 1913, S 147. — [43]) Proc. Am. Inst. El. Eng. Bd 31, S 297; ETZ 1913, S 753. — [44]) Hahn, ETZ 1913, S 759, 792. — [45]) Gutmann, El. Masch.-Bau 1913, S 308. — [46]) Lewinneck, AEG-Ztg., 15. Jg., Nr. 10, S 7—10. — [47]) El. Masch.-Bau 1913, S 38. — [48]) Mitt. BEW 1913, S 29. — [49]) Mitt. BEW 1913, S 86. — [50]) Mitt. BEW 1913 S 58. — [51]) Mitt. BEW 1913, S 109. — [52]) Mitt. BEW 1913, S 105. — [53]) Mitt. BEW 1912, S 179; 1913, S 123. — [54]) Mitt. BEW 1913, S 7. — [55]) Z. Ver. dtsch. Ingen. 1913, S 38. — [56]) Mitt. BEW 1913, S 75. — [57]) Mitt. BEW 1913, S 10. — [58]) Mitt. BEW 1913, S 36. — [59]) Mitt. BEW 1913, S 114. — [60]) ETZ 1913, S 178. — [61]) Mitt. BEW 1913, S 68. — [62]) Mitt. BEW 1913, S 19. — [63]) Mitt. BEW 1913, S 43. — [64]) Mitt. BEW 1913, S 108. — [65]) Mitt. BEW 1913, S 102. — [66]) Mitt. BEW 1913, S 60. — [67]) Mitt. BEW 1913, S 67. — [68]) Engineering Bd 93, S 722; ETZ 1912, S 1114. — [69]) ETZ 1913,S 724; Electrician (Ldn.) Bd 64, S 1117; Bd 65, S 25; Bd 70, S 596. — [70]) Sanio, El. Kraftbetr. 1913, S 189. — [71]) Richter, Z. Ver. dtsch. Ingen. 1913, S 488. — [72]) Z. Ver. dtsch. Ingen. 1913, S 473. — [73]) Claaßen, Z. Ver. dtsch. Ingen. 1913, S 1946. — [74]) Kromer, Z. El. Maschb. (Potsd.) 1913, S 507, 527.

VII. Verschiedene mechanische Anwendungen der Elektrizität.

Metallbearbeitung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Heizen und Kochen. Von Generalsekretär G. Dettmar, Berlin. — Elektrische Regelung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Elektrische Scheidung. Von Obering. Jul. Bing, Eisenach.

Metallbearbeitung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Löten. Neu auf diesem Gebiet ist die Anwendung der elektrischen Widerstandserhitzung zum Hartlöten von Messing, Eisen, Kupfer usw., über das sich

aber nur eine kurze Abhandlung in den Mitteilungen der Berl. El.-Werke[1]) findet. Die zu lötenden Gegenstände werden mit denselben Apparaten erhitzt, die bei der elektrischen Widerstandsschweißung Verwendung finden. Das Verfahren zeichnet sich durch größere Schnelligkeit und Sauberkeit gegenüber der Hartlötung im Feuer aus.

Widerstandsschweißung. Außer dieser prinzipiellen Neuerung finden sich in der Literatur eine große Reihe von Aufsätzen, die die bereits bekannten Apparate und deren Anwendung in übersichtlicher Zusammenstellung bringen, so z. B. die Aufsätze von Duschnitz. Der eine dieser Aufsätze[2]) behandelt die Widerstandsschweißapparate für Punkt- und Nahtschweißung, bringt viele Illustrationen und Patenthinweise sowie Kurven über Zeit und Stromaufwand. Der zweite Aufsatz[3]) behandelt speziell die automatischen Ketten- und Rohrschweißmaschinen, während der dritte[4]) die Herstellung von Blechwaren und sonstiger Gegenstände beschreibt.

Einen ebenso ausführlichen Artikel bringt Green[5]). In diesem wird ausführlich auf die Rolle hingewiesen, die die automatische Ausschaltung bei der Herstellung einer guten Schweißung spielt, und verschiedene dieser Einrichtungen durch Zeichnungen erläutert.

Interessant ist noch die Verwendung des Widerstandsverfahrens zum Schmelzen von Metallen[6]), bei welchem nach einem Patent von Hellberger der Schmelztiegel selbst den Widerstand bildet. Solche Apparate, die für einen Stromverbrauch von 1,5 bis 100 kW hergestellt werden, finden sowohl bei Juwelierarbeiten als auch in Metallgießereien ausgedehnte Verwendung.

Über Festigkeitsergebnisse der elektrischen Widerstandsschweißung berichtet P. Bucher[7]) nach dem Electrician; die Messungen wurden ausgeführt von Stanton & Pannell. Die elektrischen Schweißungen von Stahl und Eisen waren durchwegs besser als die Handschweißungen und ergaben durchschnittlich 90% der Festigkeit des ungeschweißten Materials, harte Stahlsorten ergaben dagegen nur 60 bis 70%.

Noch eingehendere Versuche machte O. Fuchs[8]) an der Technischen Hochschule in Brünn; das veröffentlichte Material gibt ein Bild von der Güte und Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

Lichtbogenschweißung. Dient die elektrische Widerstandsschweißung in erster Linie der Neuherstellung von Gegenständen, so beherrscht anderseits die elektrische Lichtbogenschweißung das Feld der Reparaturen.

In Amerika machen die großen Straßenbahngesellschaften in ihren Werkstätten den weitgehendsten Gebrauch davon. Die The Third Railroad Co., New York[9]), repariert damit, wie der reich illustrierte Artikel zeigt, zerbrochene Gehäuse, abgenutzte Achsen, Zahnradkonusse, gebrochene Achslager, Rädergehäuse, Aufhänger, Schaltwalzengehäuse usw. In einem Aufsatze über die Werkstätten der Straßenbahnen von San Francisco[10]) findet sich eine Aufzählung von 101 verschiedenen Reparaturen, deren Kosten und die dabei erzielten Ersparnisse gegenüber der früher üblichen Erneuerung. Treffend ist die Bemerkung, daß es jetzt bei Bruch heißt: „Nicht mehr zum alten Eisen, sondern zur Schweißerei".

Aber nicht auf die Reparaturwerkstatt allein ist die Lichtbogenschweißung beschränkt, auch auf der freien Strecke hat sie sich bewährt, sowohl zum Ausbessern von Kreuzungen, Weichen, Herzstücken als auch zum Verschweißen der Schienen.

Verschiedene Gesellschaften bauen zu diesem Zweck komplette Wagenausrüstungen, wie z. B. die Indianapolis Switch Frog Co.[11]), die jedoch den Strom aus der Oberleitung entnehmen und dabei $^9/_{10}$ der Energie in Widerständen vernichten. Als Neuheit verwendet sie Elektroden aus einer Mischung von Maschinenstahl, Werkzeugstahl und schwedischem Eisen, die sich besonders gut bewähren soll.

Rationeller in bezug auf Energieersparnis ist schon die El. Manuf. Co. of Garwood, N.J.[12]), welche einen Motorgenerator mit Schalttafel zusammengebaut verwendet. Damit das Kurzschließen beim Einleiten des Licht-

bogens der Maschine nicht schadet, verwendet sie einen Vorschaltwiderstand, der durch ein automatisches Relais gesteuert wird.

Die eigentlichen Schweißmaschinen, d. h. solche, die ohne Verwendung von Vorschaltwiderständen konstanten Strom liefern, scheinen nach den Veröffentlichungen in Amerika ziemlich unbekannt zu sein. Es findet sich nur eine Notiz der Lincoln El. Co., Ohio[13]), darüber, während derartige Maschinen verschiedener Systeme in Europa wegen ihrer Vorzüge bereits seit mehreren Jahren ausgedehnte Verwendung finden.

Eine vorzügliche Idee der Seimund Wenzel El. Co.[14]) ist die Unterbringung einer kompletten Schweißanlage an Bord eines Reparaturschiffes, mit dem Reparaturen an Schiffen während ihrer Liegezeit im Hafen ausgeführt werden können, ohne daß sie Zeitverlust durch Aufsuchen eines Docks erleiden.

Eine bemerkenswerte Schiffsreparatur erwähnt die El. Rev.[15]). Bei einem norwegischen Schiff war bei einer Havarie der Hintersteven gebrochen, eine Reparatur, die beim Auswechseln mindestens drei Wochen erfordert hätte. Mittels elektrischer Schweißung war der Schaden in 28 Stunden ausgebessert.

[1]) Mitt. BEW 1913, S 62. — [2]) Duschnitz, Helios Fachz. 1913, S 397. — [3]) Duschnitz, Helios Exp. 1913, S 2621. — [4]) Duschnitz, Helios Exp. 1913, S 2045. — [5]) Green, El. Rev. (Ldn.) Bd 71, S 805. — [6]) Mitt. BEW 1913, S 132. — [7]) Bucher, El. Masch.-Bau 1913, S 309. — [8]) Fuchs, El. Masch.-Bau 1913, S 485. — [9]) El. Rlwy. Journ. Bd 41, S 1102. — [10]) El. Rlwy. Journ. Bd 41, S 67, 880. — [11]) El. World Bd 61, S 368. — [12]) El. World Bd 62, S 205. — [13]) El. World Bd 61, S 744. — [14]) El. World Bd 62, S 706. — [15]) El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 997.

Heizen und Kochen.

Von Generalsekretär G. Dettmar.

Die Anwendung der Elektrizität zum Heizen und Kochen hat im Jahre 1913 weitere Fortschritte gemacht. In der Heiztechnik sind es hauptsächlich besondere Anwendungsgebiete, welche sich gut entwickelt haben. Die Kirchenheizung sowie die Heizung der Wagen elektrischer Bahnen findet immer mehr Anwendung[1]).

Elektrische Brut- und Aufzuchtapparate werden vielfach angewendet, weil nicht nur die Beheizung durch Elektrizität bequem, sondern auch die selbsttätige Wärmeregulierung leicht durchführbar ist[2]). Der elektrisch beheizte Batik-Apparat hat viele Freunde gewonnen[3]).

Eine besonders günstige Entwicklung hat die Anwendung der elektrischen Heizung im Maschinenbau genommen[4]). Eine große Anzahl von Industriezweigen machen bereits von der elektrischen Heizung Gebrauch.

In der Medizin wird die Elektrizität in immer steigendem Maße zur Erwärmung benutzt und zwar geschieht dies in Form von Heizkissen, Bandagen usw.

Die Einführung des elektrischen Kochens[5]) hängt wesentlich von der Schaffung besonderer Tarife seitens der Elektrizitätswerke ab; da solche Änderungen aber nur langsam vorgenommen werden können, wird auch die volle Entwicklung erst im Laufe der Zeit eintreten können. Eine Reihe von Werken haben aber schon besondere Tarife geschaffen.

Erhebliche Fortschritte hat dagegen die elektrische Großküche zu verzeichnen. Die niedrigen Selbstkosten der Elektrizität, welche sich in großen Anlagen ergeben, gestatten dort eine umfangreiche Einführung des elektrischen Kochens. Es sind infolgedessen auch eine Anzahl von Großküchen[6]), bei denen es sich um die tägliche Beköstigung von bis zu 3000 Angestellten handelt, zur Ausführung gekommen.

[1]) ETZ 1913, S 1410. — [2]) Mitteilungen der B. E. W. 1912, S 173. — [3]) ETZ 1912, S 1089. — [4]) Z. d. Ver. D. Ing. 1912, S 1092; ETZ. 1913, S 1094; Masch.-Bau 1913, S 1082. — [5]) El. World Bd 62, S 643; ETZ. 1913. S 536. — [6]) ETZ 1913, S 365. 725, 821, Helios 1913, S 369.



Elektrische Regelung.

Von Oberingenieur Ch. Krämer.

Schiffsruder. Der elektrische Antrieb des Schiffsruders ist neuerdings von verschiedenen Seiten in Angriff genommen worden. So berichtet P. Barker Hayh [1]) über eine Anlage auf der Dampfjacht Albion, bei der das Ruder durch eine elektrisch hydraulische Anlage betrieben wird. Hierbei ist ein ständig laufender Elektromotor mit einer Pumpe gekuppelt, die mit den hydraulischen Arbeitszylindern am Rudergeschirr in Verbindung steht. Mittels eines ebenfalls hydraulischen Telemotors wird die Bewegung des Steuerrades auf die Regelungseinrichtung der Pumpe übertragen. Sobald die Einrichtung zu arbeiten beginnt, wird durch die Bewegung des Ruders die Regelungseinrichtung nach der Ruhestellung zu bewegt, welche sie bei der mit dem Steuerrad übereinstimmenden Lage erreicht.

Versuche ergaben in bezug auf den Kraftverbrauch und rasches Ansprechen sehr günstige Resultate; so waren z. B. zum Ersatz der Dampfrudermaschine von 15 kW nur eine Leistung von ca. 2 kW am Elektromotor erforderlich.

Eine zweite Rudermaschine, ebenfalls von P. Barker Hayh entworfen, wird, wie auch schon früher versucht wurde, durch eine magnetische Reversierkupplung von einem gleichfalls dauernd laufenden Motor angetrieben. Die Übertragung der Bewegung des Steuerrades erfolgt ebenso, wie bei der vorher beschriebenen Maschine, mittels eines hydraulischen Telemotors. Auch diese Steuerung ergab ausgezeichnete Resultate, die wohl in erster Linie auf die verbesserten magnetischen Kupplungen, wie auf die konstruktiv sehr gute Durchbildung des mechanischen Teiles des Rudergeschirres zurückzuführen sind. Beide Steuerungen sind nicht als rein elektrische zu bezeichnen, da sie zur Übertragung der Bewegung des Steuerruders noch als Zwischenglied den hydraulischen Telemotor benötigen.

Rein elektrisch löst diese Aufgabe die Rudersteuerung der AEG, beschrieben von Ch. Krämer in der ETZ[2]). Diese benutzt zum Antrieb die Leonardschaltung. Die Erregung der Steuerdynamo wird durch einen mit dem Steuerrad gekuppelten Geber stufenweise eingeleitet und bleibt solange bestehen, bis sie durch einen mit dem Ruder verbundenen Empfänger bei Erreichung der Symmetriestellung wieder aufgehoben wird. Die Neuheit gegenüber der bekannten Brückenschaltung besteht darin, daß schon bei Abweichung von 1^0 die Erregung so stark ist, daß das Ruder folgen muß, und bei Abweichungen von 5^0 die volle Motorgeschwindigkeit erreicht wird.

Da diese Einrichtung eine elektrische sympathische Fernbewegung darstellt, so läßt sie sich für die verschiedensten Zwecke verwenden, z. B. als Telemotor für den Antrieb des Dampfschiebers einer Dampfrudermaschine, so daß die dem Schiffskonstrukteur so überaus lästige Axiometerleitung in Fortfall kommen kann. Auch zur sympathischen Fernsteuerung eines Scheinwerfers in Übereinstimmung mit den Bewegungen eines entfernt aufgestellten Fernrohres ist sie mit bestem Erfolg ausgeführt worden.

Fernsteuerung. Die weitgehendste Anwendung findet der elektrische Betrieb bei den Schleusen des Panamakanals[3]) zur Bewegung der Schleusentore, der Treidellokomotiven, der Sicherheitsketten und der Einlaßschützen. Hierzu sind bei den Schleusen zu Gatun, Pedro Miguel und Miraflore insgesamt 500 Motoren mit einer Gesamtleistung von 8800 kW aufgestellt.

Die Betätigung der Motoren jeder Schleuse erfolgt von einer Zentralstelle aus, die sich an Stellen befinden, von denen aus man die beste Übersicht über die Gesamtanlage besitzt. Alle Schalter sind derartig gegeneinander verriegelt, daß eine falsche Betätigung möglichst ausgeschlossen ist.

Die Kontrollschalttafeln sind als Nachbildungen der Anlage im kleinen ausgeführt und haben synchron mit den wirklichen Arbeitsvorgängen arbeitende Anzeigevorrichtungen. Diese bestehen aus Gebern und Empfängern, die als Drehstrommotoren ausgebildet sind. Ihre Statoren sind miteinander verbunden,

während die zweipolig ausgeführten Rotoren mit Wechselstrom von 110 V erregt werden. Um eine eindeutige Anzeige zu erhalten, machen diese Indikatoren weniger als 180° Bewegung. Die dabei erzielte Genauigkeit genügte für alle Vorgänge mit Ausnahme der Wasserstandsanzeiger. Für diese wurde ein Doppelindikator gewählt, von denen der eine sich nicht ganz um 180° bewegt, während der Feinindikator für die Gesamthöhe 10 volle Umdrehungen macht.

Alle kleineren Motoren, bis einschließlich 5 kW, werden direkt ohne Widerstände an das Netz gelegt, während die größeren eine Anlaßstufe besitzen, die durch eine Verzögerungseinrichtung geregelt wird. Für alle Motoren ist Schützensteuerung vorgesehen, die von der Kontrollschalttafel aus durch drei Leitungen betätigt werden, wovon eine für Vorwärts-, die zweite für Rückwärtsbewegung, die dritte als gemeinsame Rückleitung dient

Schießstand. Ein interessanter elektrischer Schießstand ist in der El. World[4]) beschrieben. Auf einer Leinwandfläche, die sich als Band ohne Ende über 2 elektrisch angetriebene Rollen bewegt, wird mittels Kinematographen das bewegliche Scheibenbild entworfen. Hinter diesem Leinwandband läuft rechtwinklig dazu ein zweites undurchsichtiges Band und ist von der Rückseite beleuchtet, um die Schußlöcher sichtbar zu machen. Im Moment des Schusses wird durch den Schall mit Hilfe des Relais nach Kramer-Kapp die ganze Anlage angehalten, so daß das Bild steht und der Schuß sichtbar wird. Die Einrichtung wurde von englischen militärischen Autoritäten als großer Erfolg auf diesem Gebiete bezeichnet.

Selbstverkäufer. Daß die Elektrizität auch in den Dienst eines Photographierautomaten gestellt werden kann, beweist der Apparat von M. H. Ashton, Paris[5]). Nach Einwurf einer Münze setzt sich ein kleiner Elektromotor in Bewegung, der mittels einer Kontaktscheibe und mehrerer Magnete alle Operationen bis zur Aushändigung des Bildes vornimmt.

Auch bei **Rechenmaschinen**[6]) wird der Elektromotor zur Ausführung der Bewegungen herangezogen; in noch höherem Maße bedient sich die Hollerieth sche Rechenmaschine[7]), wohl die geistreichste Maschine auf diesem Gebiet, des elektrischen Stromes. Bei dieser Maschine werden die zu addierenden Zahlen nach einem bestimmten System durch Löcher, welche in Karten gestanzt werden, ausgedrückt. Diese Karten addiert die Maschine automatisch, indem ein Elektromotor sowohl den Transport der Karten über eine Kontaktwalze besorgt, als auch die Additionsmaschine antreibt, deren Zahlenräder entsprechend der Lochung der Karten durch Magnete mit dem Antriebsmechanismus gekuppelt werden. Die Maschine addiert bis zu 50 000 siebenstellige Zahlen in der Stunde. Die Maschine kann mit Vorteil für alle statistischen Zwecke, besonders auch für Straßenbahnstatistik verwendet werden.

Kupplungen. Bremsen. Unter dem Titel elektrische Transmissionen beschreibt W. Wolf[8]) eine magnetische Kupplung nach Kammerer, bei welcher der Anker durch eine Membran mit der getriebenen Welle verbunden wird; ferner eine magnetische Kupplung der Vulkanwerke, Wien, für 750 kW bei 75 Umdrehungen und erwähnt die Verwendbarkeit des Kleinschmidt-Breslauer schen Unipolargetriebes als Anlaufkupplung in Verbindung mit festen Kupplungen.

Eine gut durchgebildete Einrichtung zur elektrischen Bremsung von Automobilmotoren auf dem Prüfstand baut die Diehl Manufg. Co., Elizabeth[9]), die in der Hauptsache aus einer in weiten Grenzen regulierbaren Dynamo besteht, welche auf Widerstände arbeitet. Alle Operationen werden von einer Stelle aus mittels Druckknöpfe überwacht, dabei wird zum Anlaufen des Benzinmotors die Dynamo als Motor geschaltet.

Die Cutler Hammer Mfg. Co.[10]) baut eine magnetische Scheibenbremse, bei der als neu die Verwendung eines Metall- und Asbestgewebes als Reibungsmaterial bezeichnet wird.

Eine magnetisch beeinflußte Fliehkraftbremse verwendet die Firma E. Becker, Berlin[11]) bei Kranen, die zum Senken der Lasten dienen; durch

verschieden starke Erregung der Magnete kann die Senkgeschwindigkeit geregelt werden.

Die seit längerer Zeit sehr gut bewährte Transmissionsnotbremse, welche, von beliebiger Stelle aus durch Druckknöpfe betätigt, die Transmission stillsetzt, hat neuerdings die A E G[12]) weiter durchgebildet und so mit dem Ausschalter des Motors verbunden, daß dieser erst nach Lösen der Bremsen wieder eingeschaltet werden kann.

Ventile. Zur Überwachung des Gasdruckes stellt die Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik[13]) ein elektrisches Regulierventil her, das in die Gasleitung eingebaut wird und durch ein elektrisch gesteuertes Ventil mit Hilfe der Druckdifferenz, die vor und hinter dem Drosselventil herrscht, letzteres verstellt.

Eine gute Lösung der automatischen Kesselspeisung führt die Maschinenfabrik Egestorff, Hannover[14]), nach den Patenten von Reubold aus. Sie besteht aus einem mit dem Kessel verbundenen Rohrstutzen, in welchem der Schwimmer ein Eisenstück verschiebt. Über dem Rohr ist ein Solenoid befestigt, dessen Anker durch die Veränderung des magnetischen Widerstandes, entsprechend der Stellung des Schwimmers, einen Kontakt öffnet oder schließt und damit den Motor der Kesselspeisepumpe betätigt.

Meßapparate. Für genaueste Messungen verwendet bei einer Meßmaschine P. E. Shaw[15]) als Markierung, daß die Berührung der Mikrometerschraube mit den Endmaßen eintritt, einen elektrischen Kontakt, der in einem Telephon angezeigt wird. Die Meßgenauigkeit beträgt 0,05 Mikron. P. Barker Hayh[16]) berichtet über einen Apparat zur Materialprüfung unter wechselnder Beanspruchung mittels eines Wechselstrommagnets, mit dessen Anker das zu untersuchende Material verbunden ist. Die Zugkräfte werden durch die Erregung verändert und mittels einer Induktionsspule, die sich in der Ebene der Trennfuge des Kernes befindet, gemessen. Versuche ergaben bis zu 30% geringere Festigkeit des Materials gegenüber ruhender Beanspruchung.

Als Beispiel für die Vielseitigkeit der Verwendung der Elektrizität sei noch erwähnt, daß der Tierschutzverein von Boston[17]) zum Töten von Hunden und Katzen einen elektrischen Käfig gebaut hat. Der Käfig besitzt isolierte mit den Klemmen eines Transformators verbundene Platten, so daß das Tier, das den Käfig betritt, den Strom über seine Vorder- und Hinterbeine schließt.

[1]) Hayh, Helios Fachz. 1913, S 21. — [2]) Ch. Krämer, ETZ 1913, S 430. — [3]) El. World Bd 62, S 1317. — [4]) El. World Bd 62, S 302. — [5]) El. World Bd 62, S 102. — [6]) El. World Bd 62, S 1127. — [7]) Goerlitz, El. Kraftbetr. 1913, S 53. — [8]) Wolf, Helios Exportz. 1913, S 1849, 1990. — [9]) El. World Bd 60, S 1335. — [10]) El. World Bd 61, S 1429. — [11]) Pape, ETZ 1913, S 1437. — [12]) AEG-Ztg. 1912, Sept., S 1. — [13]) El. Anz. 1913, S 1429. — [14]) El. Anz. 1912, S 1321. — [15]) Shaw, El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 127. — [16]) Hayh, El.Masch.-Bau 1912, S 946. — [17]) El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 1091.

Elektrische Scheidung.

Von Oberingenieur Jul. Bing.

Elektromagnetische Scheidung. Das Jahr 1913 brachte auf dem Gebiete der elektromagnetischen Separation für starkmagnetische Materialien keine prinzipiellen Neuerungen, sondern mehr einen Ausbau der bekannten Konstruktionen in bezug auf Verstärkung der magnetischen Anzugskräfte und des mechanischen Aufbaues. In erster Linie den erhöhten Anforderungen der Schwer- und Mühlenindustrie folgend, sind äußerst widerstandsfähige Trommelseparatoren ausgebildet worden, z. B. die Separatoren des Magnetwerks Eisenach u. a. m.

Der Einbau von Separatoren vor die Brecheranlagen der Steinkohlenzechen zur Ausscheidung der Eisenstücke aus den Förderkohlen hat weitere erhebliche Fortschritte gemacht, ebenso die Einführung der Eisenabscheider im Kalibergbau.

Ein bedeutendes Anwendungsgebiet scheint sich für die Müllverwertungsstellen der Großstädte aufzutun. Mit großem Vorteil gestatten hier die Separatoren eine Wiedergewinnung der im Müll enthaltenen Eisenteile (Konservendosen usw.).

Die bekannten Einrichtungen zur Trennung schwachmagnetischer Materialien erfuhren im Berichtsjahre eine weitere Ausbildung. In erster Linie sucht man eine reinlichere Trennung der Bestandteile der Erze verschiedener Permeabilität durch entsprechende Polausbildung der Separatoren zu erreichen.

Es schwebt eine größere Anzahl von Patentanmeldungen auf diesem Gebiet; als Neuerung wäre hier zu erwähnen das DRP Nr. 267 200 von E. H. Geist, Köln. Auch die „Naßscheider" erfuhren einige Verbesserungen, so daß sie sich in einigen Fällen zur Aufbereitung des früher schlecht verwertbaren Erzschlammes bewährten. Es wären hier anzuführen die bekannten Gröndalscheider, ferner die Einrichtungen der Maschinenbauanstalt Humboldt, Köln-Kalk, Friedrich Krupp, Magdeburg, und der „Sterntyp" der Elektromagnetischen Gesellschaft in Frankfurt a. M.

Allmählich finden auch Spezialmagnetapparate in ständig zunehmendem Maße Eingang in die keramische Industrie, zur Enteisenung von Ton- und Porzellanschlämmen.

Neben den bekannten Einrichtungen des Magnetwerks Eisenach G. m. b. H., Eisenach, der Elektrizitätsgesellschaft Colonia, Köln-Zollstock, u. a. m. brachte E. H. Geist, Köln, eine Neuerung (DRP. Nr. 267 921), über welche sich jedoch ein abschließendes Urteil noch nicht abgeben läßt.

Elektrostatische Scheidung. Die Einführung der elektrostatischen Scheideapparate in Deutschland vollzieht sich nur sehr langsam, während in den Vereinigten Staaten von Amerika die Apparate der Huff Electrostatic Separator Company in Boston allmählich weite Verbreitung zur Anreicherung von Kupfer und Zinkerzen finden.

Die unsicheren statischen Elektrisiereinrichtungen werden durch elektromagnetische Generatoren und Transformatoren ersetzt, und die Betriebsbereitschaft und Sicherheit wird so erheblich erhöht.

Zur Konzentrierung einiger Silbererze und des Molybdänits wurde die elektrostatische Scheidung mit Vorteil verwendet, ebenso zur Reinigung des Rohgraphits von Glimmer. Große Bedeutung hat der Prozeß sowohl für die Reinigung von Anthrazit als auch bitumöser Kohle[1]).

Die elektrostatische Fällung von Rauch und Staubteilchen aus der atmosphärischen Luft findet nach dem von Cottrell angegebenen Verfahren in Amerika steigende Anwendung[2]). Die Riverside-Portlandzementfabrik führt die Abgase der rotierenden Öfen, die täglich 4 bis 5 t Staub mitführen, durch Funkenstrecken von 50 bis 150 mm Länge und scheidet so den größten Teil des Staubes aus.

Die Raritan Copper Works benutzen ein ähnliches Verfahren zur Fällung des Goldstaubes, welcher im Elektrolytbade zurückbleibt.

Die Versuche zur Entstaubung der Hochofengase zwecks Schonung der Zylinder der Gichtgasmaschinen sind noch nicht abgeschlossen. Die Waterside-Zentrale der New York Edison Company versucht das Verfahren zur Rußabscheidung ihrer Schornsteinanlage für 100 Kessel mit Spannungen von 15—50 000 V[3]).

[1]) Mc Gregor, Metall. Chem. Engin. 1913, Heft 10. — [2]) Holmes, El. Masch.-Bau 1913, S 321. — [3]) El. World Bd 62.



B. Elektrochemie.

VIII. Elemente und Akkumulatoren.

Elemente. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg. — Akkumulatoren. Von Oberingenieur Dr. H. Beckmann, Berlin.

Elemente.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Nasse Elemente. Unter den galvanischen Elementen, welche mäßig starke Ströme dauernd liefern können, erfreut sich das alkalische Zink-Kupferoxydelement einer berechtigten Beliebtheit, weil es keine schädlichen Dämpfe ausstößt, sparsam arbeitet und sich leicht auffrischen läßt. Eine der Formen, unter denen dies Element in den Handel gebracht wird, das von der Edison Manufacturing Co. fabrizierte Edison-Lalande-Element, ist von Edwin F. Northrup[1]) auf seine Leistungsfähigkeit geprüft worden. Die Größe *RR* zeigte zu Beginn der Entladung eine Klemmenspannung von 1,03 V, welche sehr rasch auf 0,7 V fiel, auf diesem Werte lange verweilte und schließlich langsam weiter sank. Als Northrup das Element durch den sehr kleinen äußeren Widerstand von 0,126 Ω entlud, war die Spannung nach 1 Stunde mit 0,55 V ziemlich konstant; der innere Widerstand nahm zu Beginn der Entladung ab und betrug nach 1 Stunde 0,037 Ω. Bis zur völligen Erschöpfung entladen, lieferte das Element 390 Ah; dabei wurden in der Zelle 472 g Zink verbraucht, nur 1,4% mehr, als dem gelieferten Strome entsprach. Die Arbeitsleistung betrug 181 Wh, wovon ein Teil für Arbeit innerhalb der Zelle abgeht, so daß an nutzbarer Arbeit 143 Wh erhalten wurden. 1 kWh würde demnach 3,3 kg Zink erfordern.

Eine neue Form des Leclanché-Elementes, das Burn-Boston-Element, ist im amerikanischen Kriegsministerium mit gleichgroßen Trockenelementen verglichen worden[2]). Beide Arten hatten dieselbe Anfangsspannung, 1,5 V. Aber als die Zellen sechs Monate in der Wärme eines Kesselraumes aufbewahrt waren, zeigten die nassen Elemente keine Abnahme in ihrer Leistungsfähigkeit, während die Trockenelemente 40% eingebüßt hatten. Vergleichende Entladungen, welche von den Electrical Testing Laboratories in New York vorgenommen wurden[2]), ergaben, daß beim ununterbrochenen Arbeiten auf 1 Ω äußeren Widerstand die Spannung des nassen Elementes binnen 22 Stunden auf 0,7 V sank, während die beiden Trockenelemente schon in 8 Stunden diesen Wert erreichten. Bei einem äußeren Widerstande von 5 Ω fiel die Spannung des nassen Elementes auf 0,69 V in 240 Stunden, die der Trockenelemente dagegen schon in 80 bis 100 Stunden. Um die Handhabung zu erleichtern, ist die Burn-Boston-Zelle in einen gegen Feuchtigkeit beständigen Mantel eingebaut und bis auf ein feines Löchlein dicht verschlossen.

Unter den verschiedenen anderen galvanischen Elementen, die im Jahre 1913 beschrieben wurden, will ich das Zink-Kohlenelement von A. J. Paine[3]) erwähnen, welches Eisenchlorid als Depolarisator benutzt. Als Paine[4]) das Zink durch verquicktes Aluminium ersetzte, stieg die Spannung von 1,5 auf 2 V. Aus Bleisuperoxyd (positiven Sammlerplatten) und Zink in verdünnter Schwefelsäure hat sich Harry E. Dey[5]) für Laboratoriumszwecke eine Batterie gebaut. Er zerschnitt die positiven Platten in schmale Streifen und stellte je 12 von diesen mit ihren Schmalseiten einer verquickten Zinkplatte gegenüber, welche bei Nichtgebrauch herausgehoben wurde. Vor dem Bleisammler hat dieses Element den Vorzug, daß es lange Zeit ohne Schaden stehen kann, während der Bleisammler ja von Zeit zu Zeit wieder aufgeladen werden muß, damit die Platten nicht verderben.

Trockenelemente. Für die sachverständige Untersuchung der Trockenelemente und der zu ihrer Herstellung dienenden Stoffe geben C. Hambuechen und O. E. Ruhoff[6]) zweckdienliche Ratschläge. Das National Electric Laboratory[7]) berichtete über die eingehende Prüfung von vier Trockenelementen verschiedener Herkunft; sie zeigten zum Teil recht große Unterschiede.

Gaselemente. K. Siegl[8]) beschrieb eine Gaskette, deren Elektroden aus gekörnter platinierter Kohle bestehen, in welche als Ableitungen Kohlenplatten eintauchen. Die Kohlenkörner befinden sich in flachen, mit verdünnter Säure getränkten Tonzellen, die gleichzeitig als Gaskammern dienen. Von den Tonzellen werden beliebig viele, abwechselnd positive und negative, in ein Gefäß gestellt und die gleichnamigen Pole verbunden. In die einen Zellen leitet er Wasserstoff oder ein anderes reduzierendes Gas, in die anderen Luft oder ein oxydierendes Gas. Bei dauernder Stromentnahme kann nach seiner Angabe dieses Gaselement für 1 dm² Elektrodenfläche höchstens 0,02 A liefern.

Auch von anderen Erfindern ist bisher das Problem, aus Kohle oder brennbaren Gasen geradenwegs Elektrizität zu gewinnen, noch nicht in praktisch brauchbarer Form gelöst worden. Von diesem Ziele, das schon der Erfinder des Brennstoffelementes, Jacques, erreicht zu haben vorgab, sind wir auch heute noch sehr weit entfernt. Die verschiedenen Lösungen des Problems leiden bisher alle an dem Übelstand, daß sie keine große Stromentnahme vertragen und zu großen inneren Widerstand besitzen, also im Verhältnis zur umfangreichen Apparatur viel zu wenig nutzbare Arbeit leisten.

Neuerdings hat sich auch W. Nernst[9]) auf diesem Gebiete betätigt, das ja theoretisch den besten Weg bietet, um die Energie der Kohle möglichst ohne Verluste auszunutzen. Den Hauptfehler der Brennstoffkette, die leichte Polarisierbarkeit der Sauerstoffelektrode, vermindert Nernst sehr wesentlich dadurch, daß er der Luft Chlorgas beimengt. Die wirksame Mischung von Luft und Chlor erzielt er, indem er hocherhitzte Luft mit Salzsäure über einen passenden Katalysator leitet; dann setzt sich die Salzsäure mit Luftsauerstoff zu freiem Chlor und Wasserdampf um. Als negative Elektrode benutzt Nernst eine platinierte Platinelektrode, die in Salzsäure eintaucht und von Wasserstoffgas umspült wird, als positive Elektrode eine Graphitelektrode, die mit chlorhaltiger Salzsäure umgeben ist. Das Element hat 1 V Spannung. Wenn es Strom liefert, bildet sich Chlorwasserstoff (Salzsäure), der abgepumpt wird und mit Luft erhitzt wieder Chlor gibt. Weil alle Umsetzungen nahezu umkehrbar sind, so arbeitet das Element fast mit dem theoretischen Nutzeffekt. Noch einfacher läßt sich dies Element gestalten, wenn man das Chlor durch Brom oder Jod ersetzt, die sich aus Bromwasserstoff- und Jodwasserstofflösung abspalten lassen, indem man Luft hindurchleitet; freilich ist dann die EMK kleiner.

Einen anderen Weg zum gleichen Ziele schlägt Nernst[10]) ein, indem er als Elektrolyt Schwefelsäure verwendet, welche gleichzeitig Thalliumsulfat und Titansulfat oder ähnliche Salze enthält, die sich leicht oxydieren und reduzieren lassen. Die Elektroden bestehen aus unangreifbaren Stoffen, z. B. platiniertem Platin; der einen wird das reduzierende Gas (Wassergas), der anderen

Luft zugeleitet. Diese Brennstoffkette behält selbst bei verhältnismäßig starker Stromentnahme 1 V Spannung, besonders wenn man sie auf 40 bis 60° erwärmt.

[1]) Northrup, Met. Chem. Eng. Bd 11, S 129. — [2]) El. World Bd 62, S 152. — [3]) Paine, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 269. — [4]) Paine, Electrician (Ldn.) Bd 72, S 258. — [5]) Dey, El. World Bd 62, S 1210. — [6]) Ruhoff, Electrician (Ldn.) Bd 72, S 378. — [7]) Electrician (Ldn.) Bd 71 S 481. — [8]) Siegl, ETZ 1913, S 1317. — [9]) Nernst, D R P 259 241. — [10]) Nernst, D R P 264 026.

Akkumulatoren und ihre Verwendung.

Von Oberingenieur Dr. H. Beckmann.

Allgemeines. Neue brauchbare Akkumulatorenkonstruktionen sind nicht auf den Markt gekommen. Man hat nur in England Versuche angestellt mit einem Akkumulator, der auf Elektrolyse der Halogensalze und auf Verwendung von Kohle und Eisen als Elektroden beruht[1]). Verschiedentlich gingen weitere Nachrichten über den Hannover-Akkumulator durch die Tagesblätter; doch erhebt wohl mit Recht Rohrbeck[2]) gewichtige Bedenken gegen die Voraussetzungen, auf denen die Vorteile des Hannover-Akkumulators beruhen sollen.

Eine graphische Methode zur Bemessung der Größe einer Speicheranlage und damit auch der Größe einer Akkumulatorenbatterie gab Landsberg[3]) an, während Huldschiner[4]) eine Anwendung dieses Verfahrens, besonders um elektrische Unterwerke mit Batterien zu bestimmen, veröffentlichte.

Verschiedentlich wurden Verfahren vorgeschlagen zur Beseitigung der Sulfatation von Akkumulatorenplatten. Lunnson[5]) z. B. will das dadurch erreichen, daß er für kurze Zeit ein sehr hohes Potential an die Platten legt, während W. Bennet und D. S. Cole[6]) die Sulfatation durch Aufladung in Natriumhydroxyd entfernten, eine Methode, die sich indessen nur für kleinere Platten eignet.

Eine Zusammenstellung der gebräuchlichsten Zellenschalter mit Hilfszellen wird durch Kjär[7]) gegeben; Brandenburg[8]) bringt eine neue Sicherheitsvorrichtung für Schalttafeln in Vorschlag; dadurch sollen bei Störungen die Sammelschienen automatisch in Abschnitte geteilt werden, und derjenige Abschnitt, der Maschinenstörung hat, soll allein solange durch Batterie versorgt werden, bis die Störung beseitigt ist.

Wirtschaftliche Verhältnisse. Die Verschiebung in der Anwendung von Akkumulatoren, auf die schon im vergangenen Jahre hingewiesen wurde, hat sich weiter in gleichem Sinne vollzogen. Auf manchen Gebieten geht der stationäre Akkumulator in seiner Verwendung zurück, während die Benutzung transportabler Batterien Fortschritte macht; diese Entwicklung vollzieht sich ebenso wie in Europa auch in den Vereinigten Staaten von Nordamerika[9]). Der Rückgang in der Verwendung ortsfester Akkumulatoren ist auf die wachsende Ausbreitung der Großzentralen zurückzuführen, durch die mehr und mehr kleine Ortselektrizitätswerke aufgesaugt werden[10]).

Große stationäre Batterieanlagen. In den Vereinigten Staaten hat man, besonders in den großen Städten, die von außen her mit Strom versorgt werden, große Notbatterien aufgestellt; die Edison Company hat in New York 46 solcher Batterien mit einer Leistung von 36 175 kW einstündig[11]) im Wert von über 2 Millionen Doll. im Betrieb, ferner in Chicago 28 Batterien mit einem Werte von 1,5 Millionen Doll.; davon haben allein 22 Batterien zusammen eine Kapazität von 21 600 kW einstündig. Alle diese Batterien haben vor allem den Zweck, die Energieversorgung zu Zeiten, wo Störungen im Netz oder in der Maschinenanlage eintreten, ganz oder teilweise zu übernehmen[12]). Auch aus Europa wurde mehrfach über besonders große Batterien berichtet; so besitzt z. B.[13]) die im Elektrizitätswerk Manchester aufgestellte Batterie 210 Ele-

mente und vermag während einer Stunde 8400 A zu leisten. Die Gesamtkosten für diese Batterie werden einschließlich Schalttafel, Zusatzmaschine und Gebäude zu 21 567 £ angegeben, während sie für eine gleichwertige Dampfanlage auf 51 000 £ zu schätzen wären, so daß die Batterie eine Ersparnis allein in den Abschreibungen von 1056 £ mit sich bringt[14]). Für die Stadt Stockholm wurde eine Batterie von 270 Elementen und 15 328 Ah einstündig geliefert. Nächst der großen Batterie in Rio de Janeiro dürfte diese Batterie in Stockholm wohl die größte der Welt sein.

Verwendungen.

Verwendung in Wechselstromanlagen. Außer den seit Jahren bekannten Anwendungen, welche der stationäre Akkumulator nach wie vor in Gleichstromzentralen findet, beginnt seit einigen Jahren auch die Verwendung von Batterien in Wechselstromzentralen[15]). Ausschließlich als Pufferbatterie im Wechselstromnetz arbeitet eine Batterie im Anschluß an die Albtalbahn[16]). Längere Versuche haben gezeigt, daß dort im Jahresdurchschnitt durch die Akkumulierung rd. 12% Kohle erspart sind. Infolgedessen entschloß sich die Betriebsleitung jetzt, einen erheblich größeren Pufferumformer noch weiter aufzustellen, nachdem man sich überzeugt hatte, daß recht erhebliche Vorteile wirtschaftlicher wie technischer Art durch die Pufferung erzielt würden. In seiner Verwendung als Erregerbatterie oder zur Betätigung der Schaltapparate findet der Akkumulator weitere Verbreitung in Wechselstromzentralen.

Triebwagen. Wenn nun das Gebiet der stationären Akkumulatoren, weil es im Laufe der Jahre schon sich entwickelt und abgeklärt hat, verhältnismäßig wenig Neuerscheinungen bietet, so ist die Literatur über transportable Akkumulatoren um so reicher. Besonders mannigfaltig sind im abgelaufenen Jahre die Veröffentlichungen über Akkumulatorentriebwagen gewesen, die offensichtlich im Mittelpunkte des Interesses für manche Fachkreise gestanden haben. Nach ausgedehnten Versuchen, die in ganz besonders gründlicher Weise von den Preußisch-Hessischen Eisenbahnen mit den verschiedensten Systemen vorgenommen wurden, ist diese Eisenbahnverwaltung immer mehr zu der Überzeugung gekommen, daß die Akkumulatorentriebwagen einesteils als das Angenehmste für den Reisenden bezeichnet werden müßten und sich anderseits auch überall dort als das beste Triebmittel erweisen, wo billiger Strom zur Verfügung steht[17]). Preiswerte elektrische Energie aber überall im Lande zur Verfügung zu stellen, diese Aufgabe gehört mit zu den zum Teil schon erfüllten wichtigsten Aufgaben der heutigen Elektrotechnik, und so sind denn die Aussichten und Möglichkeiten für Anwendung gerade von Akkumulatorentriebwagen auch aus diesem Grunde außerordentlich günstige. Vietze[18]) wies darauf hin, welche Vorteile den ländlichen Zentralen entstehen, wenn Akkumulatorentriebwagen, sei es bei Vollbahnen, sei es bei Kleinbahnen, zur Ladung an das Überlandnetz angeschlossen würden. Die Aufladung der Triebwagenbatterien kann naturgemäß vorteilhaft zu Zeiten erfolgen, in denen das Werk sonst schwach belastet ist, so daß wiederum auch verhältnismäßig niedrige Preise für den Strom gewährt werden können.

Zum Antriebe dienen bei den Triebwagen in der Regel Hauptstrommotoren. Neuerdings hat man außerdem auf Vorschlag von Wittfeld, der bekanntlich die Einführung von Triebwagen ganz besonders gefördert hat, mit günstigem Erfolge Versuche mit einem Nebenschlußtriebwagen gemacht, der besonders noch so eingerichtet ist, daß auf Strecken von starkem Gefälle oder bei kräftigen Bremsungen Strom zurückgewonnen werden kann[19]). Sorgfältig angestellte Messungen haben ergeben, daß zwar auf flacher Strecke die Wagen mit Hauptstrommotoren besser abschneiden, daß aber schon bei geringen Steigungen der Wagen mit Nebenschlußmotor einem mit Hauptstrommotor ausgerüsteten weit überlegen ist. Bei Strecken mit starker Steigung von 1: 70 bis 1: 50 kann der Wagen mit Hauptstrommotoren überhaupt nicht mehr verwendet werden.

Über die Triebwagen im Dienste der Preußisch-Hesssichen Staatseisenbahn hat ausführlich Weyand[20]) berichtet. Danach waren an Triebwagen am 1. Januar 1913 vorhanden: 137 Akkumulatorenwagen, 10 benzolelektrische und 5 Dampftriebwagen, während sich im Laufe des Berichtsjahres für die genannten Bahnen die Zahl der Akkumulatorentriebwagen weiter auf 176 erhöht hat. Die Anfang 1913 insgesamt vorhandenen Triebwagen kosteten etwa 11,18 Millionen M. Im Bau waren außerdem zu der Zeit: 39 Akkumulatorenwagen, 6 benzol-elektrische und 2 Triebwagen mit Dieselmaschinen und elektrischer Kraftübertragung. Der Fahrbereich der Akkumulatorenwagen, der früher 100 bis 110 km betrug, ist neuerdings auf 130 und weiter auf 180 km verlängert worden. In dem Zeitraum vom 4. April 1911 bis zum 31. März 1912 wurden insgesamt von Triebwagen 3 832 094 Wagenkilometer geleistet, davon etwa 86% durch Akkumulatorentriebwagen, für welche 61,8 Pf/km Einnahme erzielt wurden, bei einer Ausgabe von 52 Pf/km. Von den Ausgaben entfallen 26,6% auf Verzinsung und Abschreibung, ferner 25,15% auf den Ladestrom, 20,25% auf Personalunkosten und 18,4% auf Unterhaltung der Akkumulatorenbatterie. Die durchschnittlichen Beschaffungskosten betragen für Akkumulatorendoppeltriebwagen mit einem Fahrbereich von 130 km etwa 78 429 M, wovon 24 144 M auf die Batterie entfallen; für einen Fahrbereich von 180 km kostet ein Doppeltriebwagen 85 451 M, wovon 30 326 M auf die Batterie entfallen[21]).

In den Vereinigten Staaten von Amerika hat der Akkumulatorentriebwagen bis jetzt noch nicht die Anwendung gefunden wie bei uns in Deutschland; doch beschäftigt man sich auch dort, angeregt durch die guten Ergebnisse auf den Preußisch-Hessischen Bahnen eifrig mit diesem Problem. Einzelne Wagen sind bereits gebaut und im Betrieb. Eine Bahnstrecke von etwas über 35 km zwischen Ephrata und Libanon ist wohl die einzige Bahn der Welt, die ausschließlich mit Akkumulatorentriebwagen befahren wird[22 bis 27]).

Straßenbahnwagen mit Akkumulatoren. Es sind zunächst in New York, angefangen mit der Third Avenue, eine Reihe von Straßenbahnwagen mit Akkumulatoren zum Antrieb des Motors ausgerüstet worden; inzwischen aber hat sich auch in anderen Städten ein beträchtliches Anwendungsgebiet für den Akkumulator auf den Straßenbahnen eröffnet. Die Third-Avenue-Strecke hatte allein von einer einzigen Akkumulatorenfabrik bis Anfang 1913 schon 129 Wagen entweder bezogen oder ihr in Auftrag gegeben, während 20 weitere Wagen noch in Aussicht standen. Seitens einer anderen New Yorker Straßenbahngesellschaft wurden weitere Wagen in Auftrag gegeben, so daß insgesamt sich in New York 172 Straßenbahntriebwagen im Laufe des Jahres 1913 befinden dürften. Mit einer Ladung legen diese Wagen 100 bis 130 km zurück. Die positiven Platten haben im Durchschnitt eine Lebensdauer von 41 800 bis 45 000 km[28]).

Akkumulatorenlokomotiven. In einer ausführlichen Arbeit über Beförderungserleichterungen in Werkräumen bezeichnet es W. Heym[29]) als eine der brennendsten Tagesfragen für alle industriellen Unternehmungen, ein Verfahren zu finden, um die Leistungsfähigkeit des Arbeiters über das Durchschnittsmaß zu steigern. Die Möglichkeit einer solchen Leistungssteigerung sieht der Verfasser vor allem in der Verwendung von Hilfsmitteln zur schnelleren Erledigung der einzelnen Arbeiten hintereinander, also der Beförderungsmittel, sowohl auf den Werkhöfen wie in den Fabrikräumen und bei dem Zwischenverkehr. Im Rahmen dieser Erwägungen weist dann der Verfasser besonders hin auf die Vorteile, welche gerade elektrische Lokomotiven, ausgerüstet mit Akkumulatoren, als Antriebsorgane zu bieten vermögen, da elektrische Akkumulatorenlokomotiven wie kein anderes Antriebsmittel imstande sind, sowohl auf den Fabrikhöfen wie auch innerhalb aller Werkstätten sich ohne weiteres verwenden zu lassen. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß eine Akkumulatorenlokomotive es ermöglicht, einen Stab von 15 Arbeitern zu ersetzen, entsprechend einer Ersparnis von rd. 60 M täglich). Außer den gewöhnlichen Akkumu-

latorenlokomotiven, die sich wachsender Verbreitung erfreuen, sind im Laufe des Berichtsjahres noch verschiedene Spezialkonstruktionen ähnlicher Natur geliefert worden[30]). Hingegen sei nur kurz auf Lokomotivdrehkrane hingewiesen, ferner auf eine in Amerika gebaute Lokomotive zur Beförderung von Güterwagen, die indessen nicht auf Schienen läuft, sondern mit großen, schweren Vollgummireifen ausgerüstet, imstande ist, mehrere Güterwagen, neben dem Gleise herlaufend, zu ziehen[31]).

Akkumulatorengrubenlokomotiven sind weiter im verflossenen Berichtsjahre zur Einführung gekommen[32]),[33]). Besonders interessiert von diesen wohl die führerlose Akkumulatorenlokomotive, die auf einer Ausstellung in Wien zur Vorführung kam und in größerem Maße auf Schacht von der Heydt arbeitet[34]), [35]).

Elektromobile. Die Verwendung von Elektromobilen hat im Berichtsjahre weiter zugenommen. Allgemein hat zusammenfassend über elektrische Fahrzeuge und über Elektromobile im besonderen H. Beckmann in einem Vortrage in Wien berichtet[36]). Es muß auch in diesem Jahre betont werden, daß die Entwicklung der Elektromobile in den Vereinigten Staaten weiter ganz wesentlich größere Fortschritte macht als bei uns in Deutschland oder auch allgemein in Europa.

Einen Überblick über die Entwicklung des Elektromobils gibt E. Schaefer[37]). Eine nennenswerte Vermehrung der Fahrzeuge für Personenbeförderung hat, mit Ausnahme der Droschken, die in Berlin eine recht beachtenswerte Ziffer erreicht haben, sonst in Deutschland kaum stattgefunden. Zum Schluß des Jahres 1913 wurde vom Polizeipräsidenten auch für elektrische Droschken die Nummernsperre, die seither schon für Benzinautomobile bestand, eingeführt. Bis dahin betrug die Zahl der Benzindroschken 1962, hingegen die Zahl der Elektromobildroschken 475. Demnach war am Schlusse des Jahres 1913 fast ein Fünftel aller Automobildroschken elektrisch betrieben[38]).

Indessen wird aber doch, auch für die Zukunft, die Hauptanwendung von Elektromobilen vor allem auf dem Gebiete der Lastenbeförderung liegen. Nach dem Gesamtergebnis der Produktionserhebungen in der deutschen Kraftfahrzeugindustrie betrug im Jahre 1911 die Zahl der hergestellten Güter- und Lastwagen im ganzen 1373 Stück, davon waren 170 elektrisch, also etwa 8,5%[39]). Zweifellos ist diese Zahl inzwischen bereits nicht unwesentlich gestiegen und hat sich wahrscheinlich noch zugunsten der elektrischen Wagen verschoben.

Abgesehen von den gewöhnlichen Last- oder Lieferungswagen, hat sich das Elektromobil bereits im Post- und im Kommunaldienst ein beachtenswertes Feld errungen. Es sei nur kurz hingewiesen auf die zahlreichen elektrischen Wagen, die teils als vierrädrige große Wagen den Verkehr zwischen den einzelnen Postanstalten vermitteln, teils als leichte Dreiräder zur Briefkastenentleerung dienen. Im ganzen liefen am Schluß des Jahres 1913 allein in Berlin 118 Wagen im Dienste der Postverwaltung, in Leipzig 26 und außerdem 13 Wagen im Dienste der bayerischen Post. In Kopenhagen wurden 12 Elektromobile für Postbetrieb beschafft, in Wien 30 Wagen[40]).

An Straßenwaschmaschinen waren in Groß-Berlin mit Schluß des Jahres 1913 etwa 60 Wagen mit elektrischem Betriebe in Benutzung. Die elektrischen Feuerwehrautomobile mit Akkumulatorenbetrieb führten sich in den ersten Jahren, besonders auf Grund der Versuche von Branddirektor Reichel, in sehr erfreulichem Maße ein und bewährten sich auch bis heute hervorragend; jedoch ist, besonders während der letzten zwei Jahre, ein heftiger Konkurrenzkampf zwischen elektrischen und Benzinfahrzeugen entbrannt, da von verschiedenen Feuerwehren der immerhin beschränkte Aktionsradius des elektrischen Fahrzeuges als ein Mangel empfunden wird. Nach der letzten Statistik betrug anfangs 1913 die Zahl der Elektromobile im Feuerwehrdienst 135 gegenüber 143 Benzinautomobilen[41]). In den Berichten, die über Feuerwehrfahrzeuge veröffentlicht werden, wird indessen immer wieder die große Zuverlässigkeit und Einfachheit des Betriebes bei Verwendung elektrischer Automobile betont, und diejenigen Feuerwehren, bei denen beide Systeme gleichzeitig in Gebrauch

sind, betonen, daß gerade hierin sowie in der Einfachheit der Bedienung ein unübertrefflicher Vorteil der elektrischen Wagen liege[42], [43]. In der Stadt Berlin waren am Schlusse des Jahres 1913 allein 49 Elektromobile im Dienste der Feuerwehr tätig.

Daß im allgemeinen eine möglichst eingehende Einführung von Elektromobilen gerade im Großstadtverkehr durchaus erwünscht ist, darüber besteht wohl nirgends Zweifel. Insbesondere hat Korff-Petersen[44], [45] noch nachdrücklich darauf hingewiesen, was für bedenkliche und direkt gesundheitsgefährliche Gase durch die Benzinautomobile der Luft unserer Großstädte zugeführt werden. Abgesehen von diesem wichtigen hygienischen Vorteil, keine übelriechenden und schädlichen Dünste zu erzeugen, sind die Elektromobile auch fraglos nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen billiger und einfacher im Betriebe als die Benzinfahrzeuge.

Um aber das rechte Bild über die Entwicklung der Elektromobile zu erhalten, ist es bei den doch immerhin erst verhältnismäßig niedrigen Anfängen in Europa erforderlich, kurz noch einen Blick auf die Entwicklung des Elektromobils in Amerika zu werfen; nur einige Zahlen seien genannt. In der Stadt Boston[46] betrug die Anzahl der elektrischen Lastwagen in den Jahren 1902:2, 1904: 9, 1906: 17, 1908: 34, 1910: 119, 1912: 279 Stück. In Rochester betrug Anfang 1913 die Anzahl allein der elektrischen Luxuswagen 720[47]; in Chicago waren am 1. Januar 1913 bereits 523 elektrische Lastwagen im Betrieb oder in Auftrag; in den folgenden 70 Tagen dieses Jahres allein hat sich dann diese Zahl in Chicago um weitere 80 Wagen, also von 523 auf 603 erhöht, während im Jahre 1910 in Chicago überhaupt nur 80 elektrische Wagen, Anfang 1912 nur 270 Lastwagen im Betrieb waren. In Massachusetts sind in der Zeit vom 1. April 1912 bis zum 31. März 1913 neu angemeldet worden: an Personenautomobilen 483, an Lastelektromobilen 250, zusammen also 733 elektrische Wagen[48]. Die Gesamtzahl der dann in diesem Staate im Betrieb befindlichen Elektromobile beträgt an Luxuswagen 562, an Lastwagen 389, zusammen also 951 elektrische Wagen.

Nach der neuesten über die Entwicklung der Elektromobile in den Vereinigten Staaten veröffentlichten Statistik beträgt die Zahl der elektrischen Luxusautomobile in den Vereinigten Staaten insgesamt 34 075, die Zahl der elektrischen Lastautomobile 17 687. Das sind für unsere Verhältnisse staunenswerte Zahlen, die aber doch leicht ein falsches Bild ergeben, wenn sie nur absolut in ihrer Größe mit den Zahlen in Deutschland verglichen werden, wo am 1. Januar 1913 die Zahl der Automobile insgesamt 77 789, die der Lastwagen 7704 betrug. Demgegenüber muß nämlich in Erwägung gezogen werden, daß die Gesamtzahl der Luxusautomobile sich in den Vereinigten Staaten auf 1 125 257, die der Lastautomobile auf 78 095 belief. Man sieht sofort, daß die elektrischen Luxusautomobile in den Vereinigten Staaten, bezogen auf die Gesamtzahl dieser Automobile, nur etwa 3% ausmachen. Trotzdem aber bleibt, abgesehen von der absoluten Zahl, auch in den Vereinigten Staaten das Verhältnis der elektrischen Lastwagen zu den Benzinlastwagen recht ansehnlich, da es im Durchschnitt immerhin 22,5% beträgt, und man muß mit Bewunderung anerkennen, was für Erfolge das Elektromobil gerade als Lastwagen dort in den allerletzten Jahren errungen hat.

Diese so außerordentlich günstige Entwicklung des Elektromobils ist nun aber nicht nur durch die Lieferanten der Wagen oder Batterien veranlaßt, sondern vor allem auch durch die Leiter der Elektrizitätswerke, die eingesehen haben, was für einen bedeutenden und dabei doch außerordentlich angenehmen Kunden sie durch Ladung von Elektromobilbatterien gewinnen. Für eine Garage, z. B. in Chicago, in welcher 75 Elektromobile untergebracht werden können, wird in einer Veröffentlichung die Belastungskurve wiedergegeben; danach trat, man beachte die günstige Verteilung, die Höchstbelastung von 62 kW kurz nach Mitternacht auf, fiel bis 6 Uhr morgens auf 20 kW und nach 9 Uhr auf Null, um dann nach 6 Uhr abends wieder allmählich von 10 kW an langsam anzusteigen[49]. In New Jersey stieg der Stromverbrauch zur Ladung von Elektro-

mobilen seit Beginn des Jahres 1911 bis Ende 1912 von etwa 25 000 kWh auf etwa 80 000 kWh[50], [51], [52].

Elektrische Boote. Ein bis heute gänzlich unbestrittenes Gebiet für die Anwendung des Akkumulators stellt das Unterseeboot dar, wenn allerdings auch zu erwägen ist, daß hier die Anwendung, Schaltung und Gestaltung des Akkumulators besonderen Schwierigkeiten begegnet. Mit Ausbildung dieser Kriegswaffe, die in der ganzen Welt wachsende Bedeutung findet, hat auch überall der Akkumulator ein entsprechendes Anwendungsgebiet gefunden. So reichhaltig auch die Literatur über Unterseeboote ist, so dringen doch Einzelheiten über Ausführungen von Konstruktionsteilen nur spärlich in die Öffentlichkeit. Zurzeit waltet allgemein das Bestreben ob, die Verdrängung der Unterseeboote zu vergrößern, wodurch naturgemäß auch eine Vergrößerung der Akkumulatorenbatterie notwendig wird. Die größten Typen der Unterseeboote haben zurzeit etwa 1200 t Verdrängung, ihre Geschwindigkeit beträgt untergetaucht, wenn also aus dem Akkumulator gefahren wird, 10 bis 12 Kn.

Elektrische Zugbeleuchtung. Auf den großen Bahnen der Vereinigten Staaten von Nordamerika hat die elektrische Zugbeleuchtung mit Akkumulatoren in weitem Maße Anwendung gefunden. Nach einer für das Jahr 1912 veröffentlichten Statistik befanden sich zu der Zeit folgende Zugbeleuchtungseinrichtungen im Betriebe: 1680 Einrichtungen mit reinem Batteriebetrieb,
7060 Dynamomaschinen auf den Wagenachsen[53]).
2069 Dynamomaschinen auf der Lokomotive,

In England wird, besonders nach dem großen Zugunglück auf der Midland Railway, eifrig und energisch für die Einführung elektrischer Zugbeleuchtung Propaganda gemacht. Bei den indischen Bahnen belief sich am 31. Dezember 1912 die Zahl der für Gasbeleuchtung ausgerüsteten Wagen auf 12 831, diejenige der für elektrische Beleuchtung eingerichteten auf 4584[54]. Die preußische Eisenbahnverwaltung hat D-Zugwagen und Speisewagen mit reinen Akkumulatorenbeleuchtungsanlagen in Betrieb genommen, bei denen Batterien von 16 Elementen mit 370 Ah Kapazität zur Verwendung gelangen[55].

Elektrische Grubenlampen. Ein verhältnismäßig junges Gebiet noch für die Anwendung von Akkumulatoren stellt die elektrische Grubenlampe dar. Ihre Vorteile gegenüber der Davylampe liegen auf der Hand; die Gefahr der Wetterzündung ist bei den elektrischen Lampen ziemlich gleich Null zu setzen gegenüber den gefährlichen Davylampen; die elektrischen Geleuchte haben aber auch wieder den Nachteil, daß bei ihnen eine Erkennung der Anwesenheit von schlagenden Wettern nicht möglich ist. Abgesehen vielleicht auch noch vom Preise, ist dies wohl der einzige Grund, der gegen eine allgemeine Einführung von elektrischen Grubenlampen in solchen Gruben, die einer Schlagwettergefahr ausgesetzt sind, spricht. Um diesen Mangel zu beseitigen und eine wirklich einwandfreie elektrische Grubenlampe zu schaffen, sind sowohl von der englischen Regierung als auch vom Verein für bergbauliche Interessen im Bergamtsbezirk Dortmund Preisausschreiben für Grubenlampen veranstaltet worden, die naturgemäß eine rege Erfindertätigkeit auf diesem Gebiete veranlaßten, indessen doch keine endgültigen Ergebnisse zeitigen konnten[56], [57], [58], [59].

Automobilbeleuchtung und Anlasser. Verhältnismäßig neu und dabei außerordentlich viel versprechend ist die Verwendung kleiner transportabler Akkumulatoren in Amerika zur Beleuchtung und für das Anlassen der Benzinautomobile; der Wagen wird also dann nicht mehr, wie seither angekurbelt, sondern vom Führersitz aus durch Druck auf einen Knopf denkbar bequem elektrisch angeworfen. Die Herstellung dieser Anlasser hat in den Vereinigten Staaten einen solchen Umfang angenommen, daß, wie berichtet wird, bereits 138 verschiedene Systeme dort auf dem Markte sind und Vereinheitlichung angestrebt wird. In Deutschland haben sich neuerdings aber auch schon mehrere Fabriken mit der Einführung solcher Anlasser beschäftigt[60], [61].

Ersatz von Primärelementen, Meßbatterien. Wie bereits im Vorjahr berichtet wurde, werden vielfach Fernsprech- und Telegraphenbatterien, die noch nach

alten Einrichtungen bisher mit Primärelementen betrieben wurden, in neuerer Zeit mehr und mehr mit Akkumulatoren anstatt der Primärelemente ausgerüstet. Ebenso werden für Meßbatterien, auch schon ihrer konstanten Spannung wegen, Akkumulatorenzellen verwendet. Erwähnt sei nur eine Notiz, wonach in der Station für drahtlose Telegraphie in Clifden eine Hochspannungsbatterie aufgestellt sein soll für 6000 Elemente, mit einer Kapazität von 40 Ah. Durch diese Batterie, wenn auch von kleiner Kapazität, so doch von außerordentlich hoher Spannung, sollte ein Telegraphieren sowohl mit der Entladespannung von 11 000 bis 12 000 V als auch mit einer mittleren Ladespannung von 15 000 V möglich sein. Die Batterie arbeitet während des größten Teiles des Tages allein; die Maschine ist nur etwa 8 Stunden am Tage in Betrieb.

[1]) Elektr. 1913, H 31, S 550. — [2]) Rohrbeck, Elchem. Z. Bd 20, S 284. — [3]) Landsberg, El. Kraftbetr. 1913, S 259. — [4]) Huldschiner, El. Kraftbetr. 1913, S 96. — [5]) Lunnson, Z. Elektrochemie 1913, S 287. — [6]) Bennett u. Cole, ETZ 1913, S 1366; nach Am. Electrochem. Soc. Trans., Bd 32, S 303. — [7]) Kjär, ETZ 1912, S 1047. — [8]) Brandenburg, ETZ 1913, S 471. — [9]) Lyndon, El. World 1913, S 21. — [10]) Gen. El. Rev. 1913, S 73. — [11]) Electr. V. 1913, Febr./März, S 3. — [12]) El. World 1912, Bd 60, S 778. — [13]) Whysall, Electrician (Ldn), Bd 70, S 752. — [14]) Andreason, El. World, Bd 61, S 1305. — [15]) El. World, Bd 60, S 932. — [16]) Z. Ver. Dtsch. Eisenb.-Verw. 1913, S 769. — [17]) Z. Ver. Dtsch. Eisenb.-Verw. 1913, S 1062. — [18]) Vietze, ETZ 1913, S 981, Spalte 2. — [19]) Reutener, El. Kraftbetriebe 1913, S 277. — [20]) Weyand, El. Kraftbetr. 1913, S 250, 269. — [21]) Mitt. E. Z. A. 1913, S 297. — [22]) Nordmann, El. Kraftbetr. 1912, S 457; El. Rlwy. Jl., Bd 39, S 474. — [23]) El. Vehicle 1913, Nr. 4, S 15. — [24]) Roy Scott, El. Rlwy Jl., Bd 41, S 383. — [25]) El. Rlwy. Jl., Bd 41, S 938. — [26]) El. Rlwy. Jl., Bd 40, S 501. — [27]) El. Rlwy. Jl., Bd 40, S 965. — [28]) Electrician (Ldn.), Bd 71, S 144. — [29]) Heym, Werkstatts-Technik 1912, S 652. — [30]) Buhle, El. Kraftbetr. 1913, S 161. — [31]) Edison Monthly-Febr. 1913, S 356. — [32]) Klingenhoeffer, ETZ 1912, S 1197. — [33]) Schulze, Techn. Blätter, Wochenbeilage der Deutschen Bergwerks-Zeitung, Industrie- und Handelsblatt 31. 8. 1913, Nr. 35, S 290. — [34]) El. Rev. (Ldn) Bd 71, S 567. — [35]) El. Masch.-Bau 1913, Anhang, S 346. — [36]) H. Beckmann, El. Masch.-Bau 1913, S 333, 359. — [37]) Schaefer, T. Rdsch. 1913, S 249. — [38]) Tägl. Rdschau, 9. Febr. 1913. — [39]) Aut. R. 1913, S 238. — [40]) Neues Wiener Tageblatt 27. 5. 1913; El. Masch.-Bau 1913, S 565; El. Rev., Bd 72, S 1027. — [41]) Feuer u. Wasser 1913, H 29, S 229. — [42]) F. u. W. 1912, S 385, 393. — [43]) F. u. W. 1912, S 353. — [44]) Korff-Petersen, Z. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1911, Bd 69. — [45]) M. Ebeling, Reise- u. Bäder-Ztg. 1913, Nr. 601, S 541. — [46]) El. World, Bd 61, S 179. — [47]) Electr. Veh. 1913 Nr 2, S 14. — [48]) El. World, Bd 61, S 1228. — [49]) El. World, Bd 60, S 1046. — [50]) Stephen G. Thompson, Centr. St. 1913, S 218. — [51]) El. World, Bd 61, S 301. — [52]) Hillmann, Centr. St. 1913, S 248. — [35]) Currie u. Wood, nach Journ. Am. Soc. Mech. Eng. 1913; El. Masch.-Bau 1913, S 823. — [54]) Electrician (Ldn) Bd 69, S 1077. — [55]) Wilcke, El. Kraftbetr. 1913, S 370. — [56]) Fortmann, Glückauf 1913, S 1009, 1058. — [57]) El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 12. — [58]) Electrician (Ldn.) Bd 71, S 477. — [59]) Helios 1912, S 2335. — [60]) El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 878. — [61]) Fr. Schröder, Auto-Technik 1913, S 23.

IX. Anwendungen der Elektrochemie.

Galvanotechnik: Galvanoplastik, Galvanostegie und elektrolytische Analyse. Von Dr. Karl Neukam, Nürnberg. — Elektrometallurgie. Von Prof. Dr. Osw. Meyer, Klagenfurt. — Herstellung chemischer Verbindungen. Von Prof. Dr. Kurt Brand, Gießen.

Galvanotechnik.

Von Dr. Karl Neukam.

Galvanoplastik. Zur Herstellung galvanoplastischer Metallüberzüge sind in diesem Berichtsjahre mehrere Vorschläge gemacht worden, und zwar be-

treffen diese zumeist eine besondere Art der Vorbehandlung des Unterlagsmaterials. So verwendet P. Marino[1]) zum Metallisieren von keramischen Erzeugnissen Silberfluorid, das in Lösung auf die gerauhten Oberflächen aufgetragen wird. Durch Behandeln in einer Steinkohlengasatmosphäre erfolgt Reduktion, worauf die Waren in schwach erwärmtem Zustande den Dämpfen von Schwefelkohlenstoff ausgesetzt werden. Vor dem Silbernitrat soll das Fluorsilber den Vorzug haben, daß es den silikathaltigen Untergrund angreift und in denselben eindringt, somit eine wesentliche Vorbedingung schafft für das Festhaften des elektrolytisch niedergeschlagenen Metalls. Kunstschieferplatten oder Steine aus Asbestzementmischungen versieht man neuerdings vielfach mit galvanischen Überzügen und einer Patinierung, namentlich wenn sie als Ersatz für Kupferplatten dienen sollen. Um solche Massen für die Galvanisierung leitend zu machen, gibt A. Göpfert[2]) das Graphit- oder Metallpulver den Mischungen bereits vor dem Abbinden zu. Nicht allzu neu dürfte ein Verfahren von A. Frei[3]) sein, der Gegenstände aus Glas, Porzellan oder Holz mit einem langsam trocknenden Firnis oder einem wasserunlöslichen Kleister imprägniert und darauf die zu galvanisierenden Stellen mit Metallpulver oder Blattmetallfolien überzieht. Das gleiche gilt von dem Vorschlag M. W. Franklins[4]), der zu gleichem Zwecke das Auftragen von mit wasserlöslichem Gummi angerührten Graphit oder Bronzepulver empfiehlt. A. Dufay[5]) behandelt zu galvanisierende Gipsgegenstände, nachdem er sie mit Paraffin und Kollodium imprägniert und mit Graphit bestäubt hat, noch mit einer 10 proz. Aluminiumsulfatlösung.

Die Herstellung von Blechen in bestimmter Form durch Niederschlagen von Metall auf metallische oder nichtmetallische, leitend gemachte Kathoden betrifft ein Verfahren von W. Öttinger[6]). Die Form wird durch isolierende Zeichnung in dünnen Strichen auf die Unterlage aufgetragen. Auf den galvanischen Niederschlag können, ohne ihn abzulösen, nach Aufbringen einer Trennungsschicht weitere Metallfällungen erzeugt werden, so daß schließlich eine Anzahl übereinanderliegender, gleichgroßer Folien entsteht. W. Palmaer und J. A. Brinell[7]) haben Untersuchungen angestellt über die Eigenschaften des nach dem Cowper-Colesschen elektrolytischen Verfahren erzeugten Eisens. Es erwies sich als ziemlich rein von Beimengungen an Kohlenstoff, Silizium, Phosphor und Schwefel, dagegen zeigt es im unausgeglühten Zustande einen hohen Wasserstoffgehalt. Geringe Verunreinigungen von Eisenchlorür, die aus dem Elektrolyt stammen, verursachen gegenüber anderen Eisensorten eine erhöhte Neigung zum Rosten. Zu erwähnen wäre ferner eine Vorrichtung von R. Hoe & Co. und F. G. Lougee[8]) zum Graphitieren von Elektrotypieplatten, sowie ein Verfahren von J. Murray[9]), der bei Erzeugung von Klischees die dünne Kupfer- und Nickelschicht vor dem Ablösen aus der Wachsform durch einen Bleiniederschlag verstärkt.

[1]) P. Marino, DRP Kl. 48a, Nr. 253 598. — [2]) Göpfert, DRP Kl. 80 b, Nr. 267 125. — [3]) Frei, Engl. Pat. 3266 von 1912. — [4]) Franklin, Am. Pat. 1 037 887. — [5]) Dufay, Chem. News Bd 106, S 225 (1912). — [6]) Öttinger, DRP Kl. 75c, Nr. 259 620. — [7]) Palmaer u. Brinell, Met. Chem. Eng. Bd 11, S 197. — [8]) Hoe u. Lougee, Engl. Pat. 1968 u. 1969 von 1912. — [9]) Murray, Engl. Pat. 8746 von 1912.

Galvanostegie.

Wie schon in dem vorjährigen Bericht konstatiert werden konnte, ist die wissenschaftliche Forschung eifrig bestrebt, die Ursachen der Strukturveränderungen elektrolytisch abgeschiedener Metallniederschläge aufzuklären, welche durch geringe Mengen sogenannter Zusatzstoffe hervorgerufen werden. Umfangreiche Untersuchungen über den Einfluß derartiger Substanzen in perchlorathaltigen Bleibädern verdanken wir F. C. Mathers und O. R. Overman[1]). Sie haben eine große Anzahl anorganischer und organischer Körper bezüglich ihrer Einwirkung auf den Bleiniederschlag geprüft und dabei die Beobachtung gemacht, daß nur sehr wenige Stoffe (Nelkenöl, Pepton usw.) die Abscheidung des

Bleis in dichter, feinkristallinischer und festhaftender Form begünstigen. V. Kohlschütter[2]) berichtet über die verschiedenen Abscheidungsformen des elektrolytisch gefällten Silbers. Der Einfluß von Fremdstoffen auf die Beschaffenheit des Silberniederschlages ist wahrscheinlich in der Bildung kolloidaler Metallhydroxyde zu suchen, die eine besondere Verteilung der Kristallisationskerne bewirken. Das Verhalten von Kolloidzusätzen bei der Elektrolyse von Blei- und Zinksalzlösungen studierte neuerdings auch R. Marc[3]), der fand, daß die Kolloide sämtlich kornverkleinernd wirken, aber auch die Sprödigkeit der Metallniederschläge erhöhen. Daher wird nur bei ganz bestimmten Elektrolyten, welche nicht zu hohe Zusätze erfordern, ein günstiges Resultat zu erwarten sein. Auf der Hauptversammlung der American Electrochemical Society[4]) in Atlantic City war ein ganzer Verhandlungstag den Vorträgen über elektrolytische Metallfällung gewidmet, wobei u. a. W. D. Bancroft[5]) über die Grundsätze der Galvanisierung sprach und eine Reihe von interessanten Abhandlungen vorgelegt wurden. Zur Betriebskontrolle galvanotechnischer Bäder macht A. Wogrinz[6]) einige Mitteilungen und empfiehlt entweder einen praktischen Versuch auf Probestücken in einem kleinen Bad mit wenigen Litern Inhalt oder die Vornahme analytischer Untersuchungen des Elektrolyts. Allerdings fehlen für manche Bäder bis jetzt noch einfache Prüfungsmethoden. Für galvanoplastische Kupferbäder eignet sich nach Angaben von Wogrinz[7]) Methylorange sehr gut bei der Bestimmung der freien Schwefelsäure.

An neuen Vorschlägen, welche die technische Seite der Galvanostegie betreffen, seien kurz folgende erwähnt.

Reinigung und Vorbehandlung. E. Merck[8]) empfiehlt zur Reinigung und Entfettung von Metallgegenständen eine alkalische Wasserstoffsuperoxydlösung, bei deren Gebrauch an den Metallteilen eine starke Sauerstoffentwicklung auftritt, wodurch neben dem chemischen Angriff auf die Oberfläche auch durch mechanische Wirkung eine rasche Entfernung von Schmutzteilchen erfolgt. In ähnlicher Weise wie Wasserstoffsuperoxyd lassen sich auch Lösungen von Metallsuperoxyden verwenden[9]). Zum elektrolytischen Dekapieren schlägt A. Levy[10]) eine alkalische, kalkhaltige Lösung von gelbem Blutlaugensalz vor. Speziell die Vorbehandlung von Aluminium betreffen die Verfahren von Q. Marino[11]) sowie M. Chirard und J. Canac[12]), wobei nach dem ersteren mit einer weinsäurehaltigen Zinnfluoridlösung abgebeizt wird, während nach dem letzteren für Zwecke späterer Vernicklung zuerst Behandlung mit Zyankali und dann mit eisenhaltiger Salzsäure erfolgt. Die Anodenwirkung des Stromes benutzt ein Verfahren der Langbein-Pfanhauser-Werke[13]), um Oxydschichten und Verunreinigungen von eisernen Drähten oder Blechen zu beseitigen, die langsam durch eine mäßig erwärmte Kochsalzlösung gezogen werden. In ähnlicher Weise verfährt P. Marino[14]), der Eisen- und Stahlwaren in einem flußsäurehaltigen Zinnbad erst anodisch reinigt und dann nach Polwechsel schwach verzinnt.

E. Issaverdens[15]) dekapiert Silberwaren unter Zuhilfenahme einer bimetallischen Anode, und O. Hahn[16]) setzt beim Polieren von Eisen und Stahl in der Scheuertrommel dem Lösungsmittel ein Gemisch von Soda und Zyankali zu. Um beim Arbeiten mit der Gelbbrenne die gesundheitsschädliche Wirkung der Stickdioxydgase möglichst auszuschalten, haben Nostiz und Koch[17]) bei ihrer neuen Beizvorrichtung den Säuretrog so aufgestellt, daß den beim Beizen sich entwickelnden Dämpfen der Zutritt zu dem Arbeitsraum durch Wasserabschluß verwehrt ist. Gut funktionieren gleichfalls die Beizereianlagen, welche von F. Bäuml[18]) gebaut werden.

Apparate. Die Zahl der im laufenden Berichtsjahr bekannt gewordenen Neukonstruktionen von Galvanisiervorrichtungen ist eine auffallend geringe.

F. Werth[19]) hat an einer Einrichtung zum Galvanisieren von Röhren und Stäben verschiedene Verbesserungen angebracht, indem er die Welle nebst den Tragscheiben mit einem trommelförmigen Versteifungsgerüst ausstattete und auf diesem die Anodenstäbe anordnete. Ferner sind die Unterlagscheiben

für die Röhren abgeändert und die Flügel der Ausschnitte nach Art der Schiffschraubenflügel abwechselnd gebogen, damit sich die Auflagestellen der Röhren auf den Scheiben stets verschieben. Um in elektrolytischen und galvanoplastischen Bädern eine ständige Bewegung der Badflüssigkeit herbeizuführen, und um gleichzeitig zu verhindern, daß sich Verunreinigungen auf den Anoden niederschlagen, versetzt H. Welte[20]) die letzteren während des Arbeitsbetriebs in horizontal hin und her gehende Bewegung und erhöht die dadurch verursachte Badzirkulation noch durch seitlich an die Anodenplatten angenietete Hartgummistäbe. Bei dem Apparat von J. Simpson und E. Stone[21]) zum Plattieren von Drähten werden diese in bekannter Weise in schwacher Knickung unter Rollen hinweg durch das Bad geführt. Um gleichzeitig mehrere Drähte durchziehen zu können, sind zwei oder mehr dieser Rollen untereinander in dem Elektrolysierbehälter angebracht, und auch am Rand des Bottichs mehrere verschieden hohe Führungsschlitze für die Drähte vorgesehen.

Die große Zahl der bereits existierenden Trommelapparate zum Galvanisieren kleiner Massenartikel hat durch eine von G. Lee und W. A. Brame[22]) stammende Konstruktion eine weitere Bereicherung erfahren. Im wesentlichen besteht dieser Apparat aus einer horizontalgestellten, drehbaren Trommel, die sich beiderseits gegen die Achse zu konisch verjüngt. Mit dieser eigentlichen Galvanisiertrommel ist ein ähnlich gebauter Behälter zum Dekapieren der Waren sowie eine Wasch- und Trockenvorrichtung für das fertige Arbeitsgut zu einem zusammenhängenden Ganzen verbunden. Kurz hingewiesen sei noch auf einen Warenhalter von C. Boirre[23]), der zur Herstellung von galvanischen Schutzüberzügen auf Rundspiegeln Verwendung finden soll.

Bäder und Niederschläge. Als Elektrolytzusatz für galvanische Bäder soll nach P. Marino[24]) Alkaliboroglyzerid und Borobenzoat, namentlich bei Abscheidung von Gold, Silber oder Kupfer auf Eisen, sehr geeignet sein, während von Q. Marino[25]) als Zusatz für Nickelzinn- und Kupferzinnbäder Magnesiumborozitrat neben Glukose empfohlen wird. Zur Vermeidung sekundärer Oxydationsprozesse bei der Abscheidung von Zink auf Eisen oder Eisen auf Kupfer wird von A. Nodon und A. Lecadre[26]) ein Elektrolyt angegeben, das neben Chlorammonium etwas freie Salzsäure enthält.

Über die Fehler der Vernicklung, ihre Ursachen und Beseitigung veröffentlicht A. Barth[27]) eine interessante Zusammenstellung, aus welcher sich leicht die Ursachen der bei Nickelbädern oft auftretenden Betriebsstörungen erkennen lassen. Zur Abhilfe der Fehler und der Wiederherstellung schlecht arbeitender Bäder werden geeignete Maßnahmen besprochen. Zur Erzielung dicker Nickelschichten läßt sich ein von E. Levy[28]) angegebenes Verfahren verwenden. E. Werner[29]) bespricht verschiedene Bäderzusammensetzungen für Vergoldungen und Verzinnungen. Zum Versilbern von Metallen dient eine von Auphelle & Co., Vergnes und Julien[30]) angebene Verreibmasse aus Silbernitrat, Zyankali und Magnesiumsulfat, die durch Glyzerin oder Schmierseife in Pastenform gebracht wird. Ein Zinkbad von E. Ballegeer[31]) besteht hauptsächlich aus Chlorzink, Chlorammonium und Weinsäure. D. W. Benett[32]) hat die elektrolytische Erzeugung von Messing- und Bronzeniederschlägen untersucht und empfiehlt für Messingbäder komplexe Salzlösungen zu verwenden. Das schlechte Arbeiten der Bronzeelektrolyte wird von ihm auf die sich nach kurzer Zeit ausscheidende kolloidale Zinnsäure zurückgeführt. Die Bedingungen für die Abscheidung eines dichten und zusammenhängenden Zinniederschlags bestehen nach E. Kern[33]) in der Einhaltung einer Badtemperatur von mindestens 20°, einer schwachen Stromdichte neben einer möglichst hohen Konzentration des Bades sowie in einer ständigen Bewegung des Elektrolyts. Das gleichzeitige Niederschlagen zweier Metalle, wie Nickel und Eisen, soll ein Verfahren von A. Leuchter[34]) ermöglichen. Zur Sicherung gegen Rostangriff überzieht Sh. Cowper-Coles[35]) eiserne Gegenstände zunächst mit einer dicken elektrolytischen Eisenschicht und schlägt darauf Zink nieder. Die Haltbarkeit derartiger Überzüge kann durch nachheriges Erhitzen erhöht werden.

Den gleichen Zweck verfolgt W. Fuerhake[36]), der erst einen Schmelzüberzug von Zink aufträgt und diesen später galvanisch verkupfert und vernickelt.

Schließlich wären noch einige Verfahren zur Herstellung von farbigen Niederschlägen zu erwähnen. Die verschiedenen Vorschriften, welche in jüngster Zeit für Schwarznickelbäder angegeben wurden, hat H. Stockmeier[37]) einer kritischen Würdigung unterzogen. Wie derselbe feststellte, lassen sich sehr gute Resultate mit einem Bad[38]) aus Nickelammonsulfat, Zinksulfat und Rhodanammonium erzielen, wobei unter gewissen Bedingungen auch prachtvolle Zwischentöne von Gelbbraun und Blau auf Eisen gewonnen werden können. Von W. D. Bancroft und T. R. Briggs[39]) wird die Herstellung von blauen Kupferniederschlägen aus Azetatlösungen mit Gelatinezusatz besprochen, und E. Näf[40]) erzeugt irisierende Färbungen auf Zinn unter Verwendung eines Ätznatron enthaltenden Elektrolyts, indem er angeätzte Zinnflächen bei Einhaltung entsprechend hoher Stromdichten anodisch behandelt.

[1]) Mathers u. Overman, Chemikerztg. Bd 37, S 341. — [2]) Kohlschütter, Elchem. Z. Bd 19, S 161. — [3]) Marc, Elchem. Z. Bd. 19, S 431. — [4]) American Electrochemical Society, Elchem. Z. Bd 19, S 447; Chemikerztg. Bd 37, S 1331. — [5]) Bancroft, ib. — [6]) Wogrinz, Österr. Chemikerztg.' Bd 16, S 188. — [7]) Wogrinz, Chemikerztg. Bd 37, S 869. — [8]) Merck, DRP Kl. 48a Nr. 257 990. — [9]) Merck, DRP Kl. 48a, Nr. 261 984. — [10]) Levy, Am. Pat. Nr. 1061 089. — [11]) Marino, Am. Pat. Nr. 1 045 718; Engl. Pat. Nr. 2136 von 1912. — [12]) Chirard u. Canac, Am. Pat. Nr. 1 030 972; Engl. Pat. Nr. 24 019 von 1911. — [13]) Langbein-Pfanhauser-Werke, Engl. Pat. Nr. 9609 von 1912. — [14]) Marino, Engl. Pat. Nr. 20 180 von 1912. — [15]) Issaverdens, Franz. Pat. Nr. 454 911. — [16]) Hahn, DRP Kl.48d, Nr. 266 232. — [17]) Nostiz u. Koch, DRP Kl. 48d, Nr. 246 095. — [18]) Bäuml, Elchem. Z. Bd 19, S 263. — [19]) Werth, DRP Kl. 48a, Nr. 257 389. — [20]) Welte, DRP Kl. 48a, Nr. 255 365. — [21]) Simpson u. Stone, Engl. Pat. Nr. 9118 von 1912. — [22]) Lee u. Brame, Engl. Pat. Nr. 13 746 von 1912. — [23]) Boirre, Engl. Pat. Nr. 28 506 von 1911. — [24]) Marino, DRP Kl. 48a, Nr. 254 820; Am. Pat. Nr. 1 028 995; Engl. Pat. Nr. 22 141 von 1911. — [25]) Marino, Engl. Pat. Nr. 24 562 von 1911; Franz. Pat. Nr. 449 822. — [26]) Nodon u. Lecadre, Franz. Pat. Nr. 450 065. — [27]) Barth, El. Masch.-Bau 1913, S 60; Bayr. Ind. Gewerbebl. Bd 45, S 92. — [28]) Levy, Rev. El. 1912, S 559. — [29]) Werner, Elchem. Z. Bd 20, S 83. 174. — [30]) Auphelle, Vergne u. Jullien, Franz. Pat. Nr. 452 886. — [31]) Ballegeer, Engl. Pat. Nr. 11 271 von 1912. — [32]) Benett, Met. Chem. Eng. 1913, S 145. — [33]) Kern, Trans. Am. Elch. Soc. Bd 23, S 193. — [34]) Leuchter, Am. Pat. Nr. 1 026 628; Engl. Pat. Nr. 9075 von 1912. — [35]) Cowper Coles, Engl. Pat. Nr. 26 484 von 1911. — [36]) Fuerhake, Engl. Pat. Nr. 4125 von 1912. — [37]) Stockmeier, Chemikerztg. Bd 37, S 1454. — [38]) Bayr. Ind. Gewerbebl. Bd 44, S 215. — [39]) Bancroft u. Briggs, Jl. Ind. Eng. Chem. Bd 4, S 19. — [40]) Näf, DRP Kl. 84a, Nr. 260 304.

Elektrolytische Analyse.

Elektroden. Der von Jahr zu Jahr steigende Preis für Platin war die hauptsächlichste Veranlassung, für dieses vielfach zu Laboratoriumsapparaten und auch in der chemischen Technik verwendete Metall weniger kostbare Ersatzmaterialien zu suchen. Für Zwecke der elektrochemischen Analyse wurden an Stelle der Platinelektroden von O. Brunck[1]) neuerdings solche aus dem um die Hälfte billigeren Tantal in Vorschlag gebracht. Jedoch ist dieses nur für Kathoden zu gebrauchen und soll namentlich bei Zink- und Kadmiumfällungen den Vorteil haben, daß es nicht, wie Platin, vernickelt oder verkupfert werden muß. Anoden aus Tantal erfordern wegen ihrer Oxydierbarkeit eine dünne Verplatinierung. G. Wegelin[2]) kann den Brunckschen Ausführungen über die allgemeine Verwendbarkeit der Tantalelektroden nicht beipflichten, da er fand, daß Kupfer zwar aus kalter schwefelsaurer Lösung in guter Form abgeschieden wird, dagegen bei 70° C nur schwammige, leicht abwischbare Fällungen liefert. Auch Zinkniederschläge aus alkalischer und Azetatlösung zeigten auf Tantal ungenügendes Haften. G. Oesterheld[3]) fällt über die Tantalkathode eben-

falls kein günstiges Urteil, indem er auf die auch von andern Forschern beobachtete Eigenschaft des Tantals hinweist, Wasserstoff zu absorbieren. Schon bei Aufnahme von weniger als 0,1% tritt eine Strukturumwandlung ein, wodurch das sonst stahlähnlich elastische Material leicht brüchig und unbrauchbar wird. Möglichste Einsparung an dem teuren Platin war auch für F. A. Gooch und W. L. Burdick[4]) der Beweggrund, eine elektroanalytische Methode auszuarbeiten, bei welcher eine sehr kleine, nur ca. 1 g wiegende Elektrode zur Verwendung kommt. Ebenso hat F. Chancel[5]) eine kleine Apparatur mit einer Netzkathode und einer stabförmigen Platiniridiumanode, die zusammen in einem Reagenzglas angeordnet sind, konstruiert. Als Ersatz für die leicht deformierbaren Netze aus reinem Platin schlägt M. L. Bertiaux[6]) eine Kathode aus 10 proz. Platiniridiumlegierung vor, die in Form eines gelochten zylindrischen Bleches Verwendung finden soll.

Spezielle Analysenmethoden. J. H. Stansbie[7]) berichtet über die elektrolytische Abscheidung von Kupfer aus salpetersaurer Lösung, die sich möglichst quantitativ durchführen läßt, wenn man rotierende Kathoden verwendet und dem Elektrolyt Schwefelsäure zufügt, wodurch die Bildung von salpetriger Säure auf ein Minimum beschränkt wird. Die gleiche Beobachtung hat A. J. White[8]) gemacht, der auch Details veröffentlicht über die gleichzeitige Bestimmung von Kupfer und Blei. Die schädliche Einwirkung der salpetrigen Säure auf den Kupferniederschlag läßt sich, wie außer Stansbie auch E. Gilchrist und A. C. Cumming[9]) nachwiesen, durch die Zugabe von Harnstoff zum Elektrolyt beseitigen. B. Koch[10]) beschreibt eine rasch durchführbare Kupferfällung bei technischen Messinganalysen, und A. S. Cushman und E. B. Wettengel[11]) berichten über eine elektrolytische Zinnbestimmung in Konserven. Eine von E. B. Spear und S. S. Strahan[12]) ausgearbeitete Modifikation der Kemmererschen Methode zur Zinkbestimmung unter Verwendung einer rotierenden Nickeldrahtnetzkathode soll sehr brauchbare Resultate ergeben.

Die in neuerer Zeit mehr und mehr ausgebauten Methoden zur Trennung mehrerer Metalle wurden besonders durch die Arbeiten von W. D. Treadwell[13]) bereichert, der bei der Trennung von Zinn und Wolfram ersteres in Schwefelnatriumlösung, als guthaftenden, hellgrauen Niederschlag abscheidet und ferner[14]) empfiehlt, Kupfer von Wolfram in ammoniakalischer Lösung bei 2 V Klemmenspannung zu trennen und die Abscheidung des Kupfers bei Gegenwart von Molybdän in einem ammoniakalischen, mit Alkalisulfit versetzten Elektrolyt bei 0,9 bis 1 V vorzunehmen. W. D. Treadwell und H. S. Guiterman[15]) veröffentlichen eine schnellanalytische Trennung von Kadmium und Zink aus oxalsaurer Lösung, und R. Kremann[16]) berichtet über die elektroanalytische Schnelltrennung des Kupfers von Nickel oder Zink. Von J. H. Fairchild[17]) wurde ein genauer Analysengang für Kupferlegierungen unter Berücksichtigung aller normalen Bestandteile und Verunreinigungen angegeben, während W. Gemmell[18]) elektrolytische Kupfer- und Zinnfällungen bei der Analyse von Bronzelegierungen beschreibt.

[1]) Brunck, Chemikerztg. Bd 36, S 1233. — [2]) Wegelin, Chemikerztg. Bd 37, S 989. — [3]) Oesterheld, Z. Elchem. Bd 19, S 585. — [4]) Gooch u. Burdick, Z. anorg. Chem. Bd 78, S 213. — [5]) Chancel, Bull. Soc. Chim. de France Bd 13, S 74. — [6]) Bertiaux, Ann. Chim. anal. Bd 18, S 129. — [7]) Stansbie, Faraday Soc. Chemikerztg. Bd 37, S 479. — [8]) White, Met. Chem. Eng. 1913, S 519. — [9]) Gilchrist u. Cumming, Chem. News Bd 117, S 217. Elchem. Z. Bd 20, S 213. — [10]) Koch, Chemikerztg. Bd 37, S 873. — [11]) Cushmann u. Wettengel, Jl. Ind. Eng. Chem. Bd 5, S 217—218. — [12]) Spear u. Strahan, Jl. Ind. Eng. Chem. Bd 5, S 889. — [13]) Treadwell, Z. Elchem. Bd 19, S 381. — [14]) Treadwell, Z. Elchem. Bd 19, S 219. — [15]) Treadwell u. Guiterman, Z. anal. Chem. Bd 52, S 459. — [16]) Kremann, Wiener Monatsh. Bd 33, S 1077. — [17]) Fairchild, Met. Chem. Eng. 1913, S 380. — [18]) Gemmell, Jl. Soc. Chem. Ind. Bd 32, S 581.

Elektrometallurgie.

Von Prof. Dr. Osw. Meyer.

Roheisen. Im Jahre 1913 schritt die Anwendung und Ausbildung der Elektrometallurgie rüstig vorwärts. Insbesondere ist es die elektrische Roheisengewinnung, welche sich mehr und mehr einführte. Außer den Elektrohochöfen, Bauart Elektrometall, finden die Öfen von Helfenstein und Lorentzen Berücksichtigung.

Bei den Elektrohochöfen trachtet man, die Gichtgase besser auszunutzen. In Hagfors will man sie zum Betriebe von Martinöfen benutzen. Die Abgase der Elektrohochöfen sind als Heizgase um so mehr geeignet, als sie keinen Stickstoff enthalten, dagegen aber bis zu 90% CO. Sie haben 2300 Kalorien Heizwert gegenüber 900 der Abgase gewöhnlicher Hochöfen.

Bei dem Ofen Elektrometall wurden die beiden Schmelzherde kegelförmig ausgebildet, und es gelang, Gewölbereparaturen in acht Stunden durchzuführen. Die Einführung neuer Elektroden soll nur 10 Minuten erfordern.

Der Betrieb der Elektroroheisenöfen wird nun nicht mehr zum Zwecke des Studiums betrieben, sondern ist in den Händen von Geschäftsleuten. So hat z. B. der Jernkontor seine Anlagen an das schwedische Eisenwerk Strömsnas Jernverk A.B. in Degerfors abgetreten. Der Stromverbrauch betrug im Durchschnitt 2076 kWh, der Elektrodenverbrauch 2,8 kg für 1 t fertiges Roheisen.

In Domnarvfet wurde ein Helfensteinofen aufgestellt. Dieser gleicht einem großen Martinherde, in welchen drei Elektroden von oben hineinragen. Dieselben sind vom Beschickungsmaterial gänzlich umgeben. Der Ofen arbeitet mit Drehstrom und scheint sich zu bewähren.

Bei dem Helfensteinofen wurde mit Erfolg versucht, 100% Schlich zuzumischen, ohne daß die Güte des Produktes beeinträchtigt worden wäre.

Die Lorentzenöfen wurden zu Tinfoß in Norwegen aufgestellt. Dieselben bestehen aus großen Herden, in welche durch die Decke eine einzige oder zwei breite Kohlenelektroden hineinragen. Die andere Elektrode ist der Boden des Herdes, welcher aus geheimnisvoller kohlenhaltiger Stampfmasse besteht. Man verwendet hier statt eines großen Ofens drei kleinere und gibt hierzu einen Reserveofen, so daß die Gewähr gegeben wird, keine Betriebsunterbrechung zu erleiden.

Im ganzen bestehen jetzt in Skandinavien 25 Roheisenöfen mit einer Höchstleistung von 500 t Roheisen pro Tag[1]).

In Amerika wurden die Versuche zur elektrischen Roheisenerzeugung fortgesetzt; in Kalifornien wurde ein Ofen der Type Lyon versucht[2]). Er wurde aber nach einigen guten Ergebnissen wieder niedergerissen, worauf statt dessen ein Ofen anderer Konstruktion gebaut wurde. Dieser soll ein Herdofen mit fünf Füllschächten und vier Oberflächenelektroden sein und sich bestens bewähren.

Mit Rücksicht auf die Erfolge in Skandinavien ist die Erzeugung des Roheisens auf elektrischem Wege nunmehr als ein ernst zu nehmender Faktor in der Roheisenindustrie anzusehen.

Auffallend ist es, daß gerade in einem Lande, in welchem die Elektroroheisenindustrie einen großen Aufschwung nimmt, die Stahlraffination mit Hilfe der Elektrizität keine wirtschaftlichen Erfolge zeitigt. Nach Beielstein liegen die Elektrostahlwerke Skandinaviens bestimmt still[3]).

Eisen aus den Erzen. Keenley gelang es, in seinem Versuchsofen Stahl- und Eisenlegierungen zu erzeugen. Seine Versuche ließen aber keinen Schluß auf die Arbeit im Großbetriebe zu.

Schatzl von Mühlfort[4]) konstruierte einen drehbaren Elektroofen, bei dem ein um eine horizontale Achse drehbarer Herdring zur Anwendung kommt. Der Ring teilt sich in mehrere je einen Herd bildende Teile, von welchen einer nach dem andern in Betrieb genommen werden kann. Die Oberflächen-

elektroden befinden sich in einem Deckenkörper, der sich in den Herdring einschieben läßt. Im Herdofen sind Stahlpole eingebaut. Es kann mit Oberflächenelektroden allein oder mit Oberflächen- und Bodenelektroden gearbeitet werden, so daß die Hitze entweder vornehmlich der Schlacke oder dem Metalle zugeführt werden kann. Der Ofen ist für Roheisen- und für Stahlgewinnung, insbesonders jedoch für direkte Eisenerzeugung gedacht. Er kann auch mit einem hochofenähnlichen Vorwärmeschacht versehen werden.

Die **Stahlraffination** fand in den meisten Industriestaaten weitere Verbreitung[5]), so daß zu Ende 1913 nach Oswald Meyer beiläufig 220 für diesen Zweck verwendete Elektroöfen bekannt waren. Die verbreitetsten Systeme waren Héroult, Héroult-Lindenberg, Girod, Keller, Nathusius, Chaplet, Stassano, Kjellin, Röchling-Rodenhauser und Frick. Die Elektrodenöfen behielten die Oberhand über die Induktionsöfen[6]), ja es hatte sich das Verhältnis zu Ende des Jahres 1913 noch mehr zugunsten der ersteren gestellt als ein Jahr zuvor. Allgemein wurde getrachtet, den Drehstrom für die einzelnen Systeme anwendbar zu machen, so daß nun Girodöfen mit drei und sechs Bodenelektroden gebaut werden[7]).

Das System Elektrometall wurde auch für den Raffinationsprozeß verwendet.

Ein neues System ist jenes von Stobie[8]) in Sheffield, welches Oberflächen- und Herdelektroden besitzt und auch mit einem Gasbrenner als zweite Wärmequelle versehen werden kann.

Die Bonner Maschinenfabrik Mönkemöller baut Öfen, welche jenen des Systems Stassano ähnlich sind. Sie sind jedoch nur kippbar, während jene von Stassano während des Raffinationsprozesses auch drehbar sind.

Ein Ofen mit Lichtbogenerhitzung von oben und Widerstandserhitzung von der Wandung des Herdes aus ist jener von Härdén[9]). Bei diesem liegen in den Wandungen feste Leiter zweiter Klasse mit Metallplatten für den Stromanschluß.

Keller[10]) nahm ein Zusatzpatent für seine leitenden Böden von elektrischen Öfen. Der aus einem Gemenge von Leitern erster und zweiter Klasse bestehende Boden wird mit einer Masse aus metallischen und feuerbeständigen Stoffen überdeckt (Feilicht und Magnesia).

Die Westdeutschen Thomasphosphatwerke[11]) versuchen ein Verfahren zum Betriebe elektrischer Öfen mit kombinierter Lichtbogen- und Widerstandsbeheizung, derart, daß auch unter Ausschaltung der Oberflächenelektroden die Bodenelektroden allein zur Heizung verwendet werden können.

Stassano[12]) versieht seinen Ofen mit einer kardanischen Aufhängung, so daß die Schmelzkammer schwingend wird.

Die Jossingfjord Manufacturing Company[13]) in Norwegen nimmt ein Patent auf einen Elektrodenofen, bei welchem die Elektroden von einem auf Schienen laufenden Gestell getragen werden. Dieses läßt sich mit dem Ofen verzwängen, so daß es mit ihm gekippt werden kann.

Levoz[14]) baut einen kreisrunden Herd mit einer Oberflächenelektrode und ein oder zwei Kränzen von Herdpolen. Diese sind gewöhnlich im Kreuz eingelegt. Der untere dieser beiden Elektrodenkränze hat dann die Aufgabe, den Schmelzvorgang durch Erhitzung des in einer Nut des Bodens befindlichen Materiales einzuleiten.

Helfenstein[15]) baute einen Induktionsofen, bei welchem das Metallbad und ein dieses kurzschließender fester Leiter den sekundären Stromkreis des Ofens bilden. Die festen Teile werden durch Luft gekühlt.

Hiorth[16]) verändert seinen Induktionsofen dahin, daß er die über und unter dem flüssigen Metallring befindlichen, scheibenartig ausgebildeten Primärspulen verschieden groß macht. Hiorths verschiedene Öfen sind zu zwei, drei und mehr Herdringen gedacht[17]).

Der Hansensche metallurgische Induktionsofen[18]) ist ein rotierender Tiegel, in welchem sich infolge der Rotation eine ringförmige Schichte Metall als sekundärer Stromkreis bildet.

Der Tiegelofen der Purchasing Co.[19]) in Newark hat veränderlichen Widerstand. Der Tiegel besteht aus Leitern zweiter Klasse, und es sind in den Wandungen und im Boden Leiter erster Klasse als Pole eingeschoben. Helfenstein[20]) umgab einen Kupolofen rings herum mit kleineren Herdöfen eigener Konstruktion, in welchen er das Roheisen raffinierte.

Hoult versah einen Konverter mit Elektroden, um einen durch Lichtbogen geheizten Elektro-Bessemerofen zu erhalten.

Der Ofen von Appel[21]) besteht aus vier hintereinanderliegenden Herden, welche durch seitlich der Mittellinie gelegene Kanäle miteinander verbunden sind. An den beiden äußersten Herden schließen noch je ein Kanal an, an dessen Enden ein wassergekühlter Stahlpol liegt. Diese beiden Stahlklötze stellen die Verbindung mit dem sekundären Stromkreis eines mit dem Ofen fest verbundenen Transformators her. Durch Neigen des Ofens um eine zu den Kanälen parallele Achse soll es möglich sein, die Kanäle mehr oder minder zu füllen und dadurch verschiedene Widerstände und verschieden hohe Erhitzung zu erreichen.

Die elektrothermische Eisenbereitung fand also durch eine große Zahl von Erfindungen elektrischer Öfen Beachtung. Auch den Elektroden wurde das Augenmerk besonders zugewendet. Man suchte sie durch Verschraubung oder sonstige Verbindungen ohne Kohlenverlust anzustückeln und Kohlenabfälle durch ein Bindemittel wieder zu einem Ganzen zu vereinigen. Des besseren Kontaktes wegen wurden die Kohlenenden in die Fassungen eingegossen und ähnliches. Es wurden auch Kohlenelektroden mit Metalleinlagen versehen, um den Kohlenquerschnitt verkleinern zu können.[22])

Weiter wurde der große Vorteil erkannt, den die elektrische Beheizung durch gutes Flüssighalten der Schlacke bei der Nachraffination ergibt. Durch das Abstehenlassen allein wird unter sonst gleichen Umständen eine Verbesserung der Produkte erzielt.

Greene[23]) gibt der Ansicht Ausdruck, daß man die Entphosphorung überhaupt nur bei der elektrischen Eisenbereitung vollkommen in der Hand habe, und daß die Gestehungskosten von elektrisch nachraffiniertem Thomasmaterial bei Verwendung großer Ofeneinheiten jene des Martineisens oft unterschreiten.

Das elektrothermische Verfahren erzeugt reineres Eisen als die Verfahren ohne Verwendung des elektrischen Stromes. Es wird auch im Jahre 1913 wiederholt auf die Reinheit des Elektroeisens hingewiesen, insbesondere auf seinen kaum nennenswerten Gehalt an Phosphor und anderen Verunreinigungen. Hierbei ist insbesonders die Möglichkeit der genauen Temperaturregelung mit Hilfe der Elektrizität und die beliebig lange Erhaltung der gewünschten Hitzegrade maßgebend[24]).

Auch **Eisenlegierungen** werden in stets größerem Umfang elektrisch erzeugt, wie z. B. Ferrochrom, in Trollhättan durch die Ferrolegeringar Aktiebolaget nach geheimem, noch nicht patentierten Verfahren von Louis Lucchèse[25]).

Durch Flüssighalten von Ferromangan im elektrischen Ofen werden andere Eisenerzeugungsprozesse bestens unterstützt.

Auf elektrolytischem Wege wollen Plauson und Tischtschenko[26]) geschmeidiges Eisen und Ferrosalze herstellen.

Die Langbein-Pfanhauserwerke stellen elektrolytisches Eisen mit Erfolg her, jedoch dient dasselbe nur elektrotechnischen Zwecken. Dieses Werk garantiert dafür, daß seine Erzeugnisse 99,9% reines Eisen und sehr wenig Stickstoff enthalten, indes dasselbe praktisch rein von Phosphor, Silizium, Schwefel, Kohlenstoff und Mangan wie von anderen Beimengungen ist[27]).

Auch Cowper Coles beschäftigt sich mit der elektrolytischen Eisengewinnung[28]).

Andere Metalle und auch Nichtmetalle werden nach wie vor elektrothermisch mit gutem Vorteil behandelt[29]). Auch Kupfererze können verschmolzen werden[30]).

Clamer und Hering fanden, daß sich Induktionsöfen wegen des geringen Widerstandes der Metalle — insbesonders bei Kupfer — für deren Gewinnung wenig eignen, die direkte Lichtbogenerhitzung nur bei starker Schlackenschichte wegen der Verdampfungsmöglichkeit zu verwenden ist, indessen die indirekte Lichtbogenerhitzung die Decke des Ofens sehr stark angreift. Sie konstruierten daher einen Ofen unter Benutzung des Pincheffektes mit vielen Vertiefungen im Herdboden, von deren Grund aus eine intensive Erhitzung des Bades stattfindet. Bei Beginn der Arbeit müssen die Vertiefungen mit flüssigem Metall gefüllt werden.

Zur Gewinnung des Zinns aus Zinnkrätze verwendet R. S. Wile einen Ofen, der einer Bessemerbirne ähnlich und auch um eine horizontale Achse drehbar ist. Der Ofen (Abb. 19) wird mit Krätze und Schlacke beschickt[31]).

Magnesium-Sauerstoffverbindungen werden mit Hilfe von Aluminium und dem elektrischen Strom reduziert[32]).

Nach Versuchen der Gesellschaft Deutscher Metallhüttenleute mit einem Herdofen sind die Aussichten für die Gewinnung von Kupfer auf elektrothermischem Wege nicht günstig. Mit Zinn werden die besten Erfah-

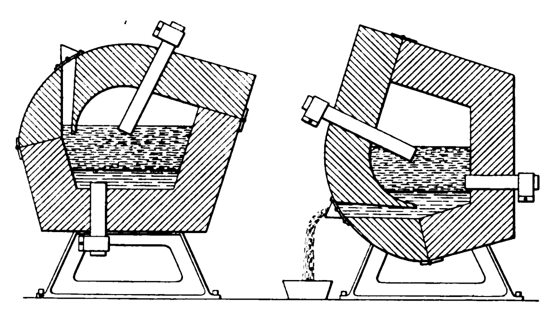


Abb. 19. Ofen zur Zinngewinnung.

rungen gemacht; das elektrisch geschmolzene Metall ergibt sehr scharfe und glatte Güsse. Es ist billiger, mit Öl Elektrizität zu erzeugen und mit dieser den Schmelzofen zu heizen als mit Öl direkt zu feuern.

Über die Erzeugung des Zinks auf elektrothermischem und auch elektrolytischem Wege wird oft berichtet[33]). Eulenstein und Thomas haben sich in Aix damit beschäftigt, ein neues Verfahren von Borchers mit Erfolg durchzuführen. Auch in Ugine werden Versuche zur elektrometallurgischen Gewinnung des Zinks gemacht. Unter den verwendeten und versuchten Methoden werden jene von Specketer, Thierry, Cote und Pierron, Kesting, Johnson, Petersen genannt. Der elektrische Energiebedarf soll 1200 kWh zur Erzeugung von 1 Tonne Metall aus seinen Erzen betragen.

Die für den Hüttenmann wichtigen Stoffe Chrom, Wolfram, Molybdän, Vanadium werden weiterhin elektrisch erzeugt[34]).

Beryllium wurde in einem Nickeltiegel aus Fluorverbindungen zunächst in Pulverform und sodann durch Umschmelzen als stahlgrauer Regulus erhalten: Lebeau, Jablczinsky, Fichter[35]).

Wie groß die Hoffnungen sind, die man in die elektrochemischen Verfahren setzt, erhellt daraus, daß Mann über erfolgreiche Versuche zur Erzeugung von Diamanten in einem elektrischen Ofen berichtet[36]).

Nach Moldenhauser und Anderson wird Ca aus Gemischen von 85% $CaCl_2$ und 15% KCl durch elektrolytische Behandlung der Schmelze in reinster Form ausgeschieden[37]).

An kleineren elektrischen Öfen für Metallgewinnung und -reinigung werden insbesonders jene von Helberger mit in den Wänden eingebauten Widerständen verwendet. Diese werden in den verschiedensten Ausführungen erzeugt, vorzugsweise für die Gewinnung und Reinigung von Edelmetallen verwendet und sind sehr verbreitet. Auch als Laboratoriumsöfen der Eisenindustrie wurden einige aufgestellt. Einen Laboratoriumsofen haben Calhane und Bard hergestellt. Er besteht aus einer Grundplatte, vier Wänden mit Zugbändern und einem Deckel und wird aus Portlandzement, Sand und Asbest erzeugt. In diesem Gehäuse ist eine Muffel aus Alundum, in welcher auch Platin geschmolzen werden kann.

Die Helfensteinöfen haben sich weiter bewährt. Es befinden sich solche z. B. in Jaice, Matrei, Meran, Lechbrück, Visp, Gampel und Thusis. Ein Doppelofen mit 24 000 kg Einsatz wurde in Haßlund aufgestellt. Dieser Ofen wird hauptsächlich in der Karbidindustrie verwendet.

Die Bosnische Elektrizitätsaktiengesellschaft patentierte einen elektrischen Ofen mit einem die vertikale Elektrode umgebenden Beschickungsschacht. Dieser Ofen ist ebenfalls für die Karbiderzeugung bestimmt[33]).

Die elektrischen Öfen für die Metallerzeugung erweisen sich als weit ökonomischer als Öfen mit anderer Erhitzung, so daß selbst große Zweifel darüber bestehen, ob eine Vorwärmung des Einsatzes der Öfen mit Gas auch bei relativ geringen Kosten des Gases wirtschaftlich sei. Die Öfen mit direkter Feuerung arbeiten oft nur mit 10% Nutzeffekt, während jene mit Erhitzung durch Elektrizität meistens 75% Nutzeffekt erreichen sollen[39]).

Auch die elektrolytische Darstellung erfreute sich umfangreicher praktischer Anwendung.

Man raffinierte elektrolytisch Kupfer, Nickel, Zink, Blei, Gold, Silber[40]), Wismut usw.

In Skandinavien werden nach dem Verfahren von Hybinette große Quantitäten von Nickel und Kupfer erzeugt, wie in Skandinavien überhaupt die Elektrometallurgie auf hoher Stufe steht.

Bretherton hat sich mit einem Ammoniak-Zinkprozeß beschäftigt zwecks Raffination des Zinks. Harrison stellte vergleichende Versuche darüber an, ob Kupfer auf elektrolytischem oder elektrothermischem Wege rationeller zu erhalten sei.

Über die elektrolytische Darstellung von metallischem Natrium berichtet v. Wartburg[41]), über den Einfluß von Kolloiden auf die elektrolytische Abscheidung des Bleies schreiben Freundlich und Fischer.

[1]) Siehe Meyer O., Elektroeisen. Springer, Berlin. — [2]) Met. Chem. Engin. 1913, 17. Januar; ETZ 1913, S 510, 568. — [3]) Stahl und Eisen 1913, S 1210. — [4]) Siehe Schatzl, Elekroeisen, Wien; Meyer, Elektroeisen, Berlin. — [5]) Siehe auch Gifford, Electrician (Ldn) Bd 70, S 444; Furnace in Steel Production. — [6]) Siehe auch Härden, Electrician (Ldn) Bd 70, S 436; Rodenhauser, ETZ 1913, S 188. — [7]) Siehe auch Girod, Metall. Chem. Engin. Bd 10, S 663. — [8]) Siehe O. Meyer, Elektroeisen. Springer, Berlin. — [9]) Härdén, DRP 251 207. — [10]) Keller, DRP 252 528 (Zusatz zu 219 575). — [11]) Westdeutsche Thomasphosphatwerke, DRP 257 048. — [12]) Stassano, DRP 252 173. — [13]) Jossingfjord Mfg. Co., DRP 259 303. — [14]) Levoz, DRP 261 355. — [15]) Helfenstein, DRP 254 733; siehe auch Zeitschrift f. Elektrochemie 1913, S 197—202. — [16]) Hiorth, DRP 261 698. — [17]) Hiorth, Trans. Amer. Electrochem. Soc. Bd 20. — [18]) Hansen, DRP 258 480. — [19]) Purchasing Co., DRP 255 318. — [20]) Hoult, Iron Trade Review 1913, S 747. — [21]) Appel, Stahl und Eisen 1913, S 1574; Iron Trade Review 1913, S 413. — [22]) Stahl und Eisen 1913. S 472. — [23]) Greene, Stahl und Eisen 1913, S 71. — [24]) Stahl und Eisen 1913, S 751. — [25]) Lucchèse, Stahl und Eisen 1913, S 2128. — [26]) Plauson u. Tischtschenko DRP 252 875. — [27]) Siehe O. Meyer, Elektroeisen. Springer, Berlin. — [28]) Helios Fachz. 1913, S 558. — [29]) Siehe Metallurgie 1913. — [30]) El. Masch.-Bau 1913, S 943; Lyon u. Keeney, Schmelzen v. Kupfererzen im elektrischen Ofen. — [31]) Stahl und Eisen 1913, S 525. —

[32]) Comptes rendus de la Societe des Ing. Civ. Bd 156, S 1157; El. Kraftbetr. 1913, S 587. — [33]) Schmidt (Zink), Chemikerzeitung 1913, Nr. 33. Lordier (Zink), El. Masch.-Bau 1913, S 280. — [34]) El. Masch.-Bau 1913, S 1120. — Z. f. anorganische Chemie Bd 81, S 102, 170. — [35]) Lebeau, Jablczinsky, Fichter, Ber. dtsch. Chem. Ges. 1913, S 1604. — [36]) Mann, Metall. Chem. Engineer. 1913 S 361. — [37]) Moldenhauser u. Andersen, Z. f. Elektrochemie 1913, S 444; siehe auch Hermann, Elektrochem. Z. Bd 20, S 37. — [33]) Bosnische El.-Akt.-Ges., DRP 249096. — [39]) Stahl und Eisen 1913, S 2154. — [40]) Miller, Electrician (Ldn.) Bd 72, S 256. — [41]) v. Wartburg, Dissertation, München, Gebr. Parcus.

Herstellung chemischer Verbindungen.

Von Prof. Dr. K. Brand.

Elektrolyse von Lösungen anorganischer Verbindungen.

Alkalichloridelektrolyse. Eine eingehende Beschreibung der technisch wichtigen Billiter-Verfahren verdanken wir J. Nußbaum[1]). Bei dem älteren Verfahren wurden die gelösten Elektrolysenprodukte durch ein horizontal angeordnetes Filterdiaphragma und einen leeren Kathodenraum voneinander getrennt gehalten. Dieses von Billiter zuerst in Aschersleben eingeführte und hier vervollkommnete Verfahren fand später auch in anderen Werken[2]) Aufnahme. Die Verwendung von Diaphragmen bedingte gewisse Übelstände, die bei dem neueren Billiter-Verfahren, das zuerst in der Papierfabrik in Gratwein (Steiermark) in die Großindustrie eingeführt wurde, beseitigt worden sind. Hier erfolgt die Trennung der gelösten Elektrolysenprodukte wie beim Glockenverfahren durch Schichtung nach dem spez. Gewicht. Zur Vermeidung von Störungen der Schichtung durch entweichenden Wasserstoff sind die etwas geneigt liegenden Eisenstabkathoden mit Gasschirmen aus Asbestgewebe schlauchartig umgeben. Die Stromausbeute betrug bei einer mittleren Spannung von 3,66 V beim älteren Verfahren 94,7%, beim neueren bei 3,12 V 93,8%. Bei ersterem wurden also für kW und Tag 8,21 kg Chlor und 9,28 kg Ätznatron, bei letzterem 9,54 kg Chlor und 10,6 kg Ätznatron erhalten. Der Gehalt der Ätznatronlauge betrug im ersteren Falle 13% NaOH, im letzteren 12,5%. Auch dieses neue Verfahren ist inzwischen verschiedentlich verbessert worden[3]). — Neue Apparate nach dem Quecksilbertyp wurden von R. Frank[4]) und von der Bosnischen Elektrizitäts A.-G.[5]) konstruiert. Bei ersterem fließt das Quecksilber nicht über eine geneigte Fläche, sondern bildet eine zusammenhängende, dünne, horizontale Schicht, bei letzterem wird die Bewegung des Quecksilbers nach entsprechender Änderung der „Kellnerzellen" durch Druckluft bewirkt.

Natriumhypochlorid. P. H. Praußnitz[6]) fand, daß unter bestimmten Bedingungen gekühlte Elektroden bedeutend bessere Ausbeuten an Hypochlorid geben als ungekühlte. Von technischem Interesse ist die Beobachtung, daß durch Kühlung der Anode auf 20° und Erwärmen des Elektrolyts auf 47 bis 48° bei Verminderung der Klemmenspannung um 20% die Stromausbeute um über 50% und die Gesamtmenge des bleichenden Chlors auf 70 g im Liter steigt.

Elektroden und Elektrolyseure. Magnetitelektroden erhält die Chemische Fabrik Buckau[7]) durch Behandeln von Eisen mit Wasserdampf und R. W. Davis[8]) durch Erhitzen von Eisen in der Knallgasflamme auf über 600°. Die Herstellung von Kohle- und Graphitelektroden beschrieben die Planiawerke[9]), W. A. Smith[10]), A. M. Williamson[11]) und B. Redlich[12]), durchbrochene Elektroden für Bleichlaugen G. Kolsky[13]) und solche für filterpressenartige Elektrolyseure J. Effgen[14]). Ein Elektrolyseverfahren wurde J. G. Paulin[15]), die Anwendung doppelpoliger Elektroden R. Threlfall[16]) und eine Heizvorrichtung von Zersetzungszellen J. Nußbaum[17]) patentiert

Elektrolyse anderer Verbindungen. Die schon von Moritz Traube[18]) beobachtete Reduktion von Sauerstoff haben F. Fischer und O. Prieß[19])

näher untersucht. Sie fanden, daß die im Katholyten erreichbare Wasserstoffsuperoxydkonzentration mit dem Drucke des angewandten Sauerstoffes steigt und bei einem Sauerstoffdrucke von 100 Atm etwa 3%, ja unter gewissen Bedingungen sogar 5% betragen kann. Die technische Verwertung dieser Darstellungsmethode für Wasserstoffsuperoxyd wurde Henkel & Co.[20]) geschützt. Sehr reinen, violetten und kristallisierbaren Chromalaun stellt H. Chaumat[21]) durch Elektroreduktion von Kaliumbichromat in schwefelsaurer Lösung her. Mit A. Roderburg und E. K. Rideal studierte A. Fischer[22]) das kathodische Verhalten von Wolfram- und Uranverbindungen. Aus Wolframhexachlorid wurde in alkoholischer Lösung die Verbindung $WCl_2(OC_2H_5)_3$ und in Glyzerinlösung metallisches Wolfram erhalten. Perwolframsäure gab bei der Elektrolyse WO. Bei der Elektrolyse einer alkoholischen Urantetrachloridlösung konnte die Abscheidung eines besonderen Reduktionsproduktes nicht beobachtet werden. A. Mazzucchelli und O. Greco d'Alceo[23]) stellten Uranosulfat und Uranochlorid durch Reduktion einer alkoholischen Uranylsulfat- bzw. einer schwach sauren Uranylchloridlösung her.

Eine eingehende Untersuchung der Regeneration von Chromsäure aus Chromisalzlaugen liegt von P. Askenasy und A. Révai[24]) vor. Es gelang ihnen unter anderen, die Bedingungen zu ermitteln, unter denen sich dieser Prozeß auch ohne Diaphragma mit Erfolg durchführen läßt. Mit dem gleichen Gegenstand beschäftigt sich auch ein Patent von C. F. Boehringer & Söhne[25]). A. Pietzsch und G. Adolph[26]) schalten bei der elektrolytischen Darstellung von Oxydationsmitteln deren kathodische Reduktion dadurch aus, daß sie die Kathode mit einem Faden aus porösem, nicht leitendem und chemisch nicht angreifbarem Material umwickeln.

Die anodische Oxydation von Ammoniumsulfat zu Salpetersäure bei Gegenwart von Silbersalzen wurde von G. Scagliarini und A. Casali[27]) beschrieben. Bei der elektrolytischen Herstellung von Alkalibichromat aus Chromat bleibt nach E. Müller und E. Sauer[28]) die Stromausbeute an Alkali im Kathodenraum hinter der an Bichromat im Anodenraum zurück, da das Diaphragma eine konzentriertere Lauge enthält als der Kathodenraum. E. Müller und R. Emslander[29]) stellten fest, daß die bei dauernder Elektrolyse von Schwefelsäure schließlich konstant werdende Überschwefelsäurekonzentration unter sonst gleichen Bedingungen mit der Stromkonzentration steigt, während die erreichbare Konzentration der Caroschen Säure hiervon unabhängig ist. Die Konzentration des gesamten aktiven Sauerstoffs (Überschwefel- + Carosche Säure) wächst im Verlaufe der Elektrolyse zu einem Maximum an, von wo an die Stromausbeute Null wird. Die Carosche Säure nimmt also bis zum stationären Zustande dauernd zu, die Überschwefelsäure erreicht vorher ein Maximum und nimmt dann wieder bis zu einem konstanten Werte ab.

Mitteilungen über die Gewinnung von Baryt liegen sowohl von L. Marino und U. Gigli[30]) als auch von Siemens & Halske[31]) vor. Erstere elektrolysieren Bariumsulfidlösung, letztere eine Lösung von Bariumchlorat oder -perchlorat unter ständiger Neutralisation der im Anodenraum verfügbar werdenden freien Chlor- bzw. Überchlorsäure mit Bariumkarbonat.

Ludwig Bergfeld[32]) entfernt Schwefelwasserstoff und Ammoniak aus Gasen mit Hilfe einer elektrolysierten Jodkaliumlösung. Das anodisch abgeschiedene Jod gibt mit Schwefelwasserstoff und Ammoniak Jodammonium, welches von dem an der Kathode entstandenen Kaliumhydroxyd in Jodkalium und Ammoniak zerlegt wird. Nach E. B. Rosa, Burton Mc Collum und O. S. Peters[33]) wirkt der elektrische Strom auf Mörtel je nach den Bedingungen entweder zerstörend oder lockernd auf dessen Verbindung mit der Elektrode ein.

Das Verhalten einiger Bromide und Jodide bei der Elektrolyse in flüssigem Schwefeldioxyd untersuchten L. S. Bagster und B. Steele[34]). Sie beobachteten die gleichen Vorgänge wie bei der Elektrolyse dieser Verbindungen in wässeriger Lösung.

Nach A. Kailan[35]) wird unter dem Einfluß von Radiumstrahlen Ferrisulfatlösung reduziert, Wasser in alkalischer, neutraler und saurer Lösung in Wasserstoffsuperoxyd übergeführt und Brom- und Jodkalium — nicht aber Chlorkalium — unter Abscheidung von Halogen zersetzt. W. Duane und O. Scheuer[36]) fanden, daß α-Strahlen auf Wasser in jedem Aggregatzustande einwirken.

[1]) Nußbaum, Z. Elektroch. Bd 19, S 12. — [2]) s. Jahrb. d. Elektrot. Bd 1, S 129. — [3]) Billiter u. Kaliwerke Aschersleben, DRP 254 779, Billiter, DRP 254 780, 263 432, 265 168, 265 169. — [4]) R. Frank, DRP 254 261. — [5]) Bosnische Elektrizitäts-A.-G. DRP 261 397, 265 414. — [6]) Praußnitz, Z. Elektroch. Bd 18, S 1025; Bd 19, S 676. — [7]) Chemische Fabrik Buckau, DRP 254 560, 255 072. — [8]) R. W. Davis, Amer. P. 1 039 034, 1 039 071. — [9]) Planiawerke, DRP 248 082. — [10]) Smith, Amer. P. 1 032 514. — [11]) Williamson, Amer. P. 1 040 830. — [12]) Redlich, Amer. P. 1 048 581. — [13]) Kolsky, DRP 257 559. — [14]) Effgen, DRP 254 764. — [15]) Paulin, DRP 259151. — [16]) Threlfall, DRP 266 191. — [17]) Nußbaum, DRP 254 594. — [18]) Traube, Berl. Akad. d. Wissensch. 1887, S 1041. — [19]) F. Fischer und Prieß, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 698. — [20]) Henkel & Co., DRP 266 516. — [21]) Chaumat, DRP 265 170. — [22]) A. Fischer, Roderburg und Rideal, Z. f. anorg. Chem. Bd 81, S 170. — [23]) Mazzucchelli und d'Alceo, Chem. Centralbl. 1913, I, S 687, 1092. — [24]) Askenasy und Révai, Z. f. Elektroch. Bd 19, S 344. — [25]) Boehringer & Söhne, DRP 251 694. — [26]) Pietzsch u. Adolph, DRP 257 276. — [27]) Scagliarini und Casali, Chem. Centralbl. 1913, I, S 994, 1263. — [28]) E. Müller und Sauer, Z. f. Elektroch. Bd 18, S 884. — [29]) E. Müller und Emslander, Z. f. Elektroch. Bd 18, S 752. — [30]) Marino und Gigli, Chem. Centralbl. 1913, II, S 1174. — [31]) Siemens & Halske, DRP 241 043. — [32]) Bergfeld, DRP 263 905. — [33]) Rosa, Collum und Peters, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1942. — [34]) Bagster und Steele, Elektroch. Z. Bd 19, S 241, 246, 282, 307. — [35]) Kailan, Chem. Centralbl. 1913, I, S 621. — [36]) Duane und Scheuer, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1656.

Karbide, Kalkstickstoff, Nitride und Boride.

Über Rohmaterialien, Herstellung, Verarbeitung und Verwendung des Kalziumkarbids sowie über die Rückwirkung der Karbid- und Azetylengewinnung auf die Industrie berichteten Witherspoon[1]) und Fraenkel[2]). Die Darstellung des Trimangano- und Trinickelokarbids im elektrischen Vakuumofen beschrieben Ruff und Gersten[3]).

Interessante Angaben über die technische Gewinnung, Verwendung und wirtschaftliche Bedeutung des Kalkstickstoffs verdanken wir Siebner[4]). Der Verbrauch an Kalkstickstoff ist in dem Maße, wie die Güte desselben sich verbessert hat — man liefert ihn heute karbidfrei und beseitigt das bei seiner Verwendung als Streudünger so lästige Stäuben durch inniges Mischen mit etwas Öl — im Steigen begriffen, wenn auch nach Immendorff 1912 von den in Deutschland verkauften 20 Millionen Doppelzentnern Stickstoffdünger erst ½ Million auf Kalkstickstoff kommen. Statt der früher für 75 bis 110 kW bestimmten Öfen baut man heute solche für 7500 kW, und zu der ersten Kalkstickstoffabrik, die von der deutschen Cyanidgesellschaft in Piano d'Orte errichtet wurde, sind zahlreiche andere in fast allen Ländern der Erde gekommen. In Deutschland befindet sich eine Kalkstickstoffabrik in Trostberg (1500 kW), welche Karbid aus dem Werke in Tacherting (7500 kW) verarbeitet. Beide Werke benutzen die Wasserkraft der Alz. Außer als Düngemittel hat der Kalkstickstoff heute auch eine weitgehende Verwendung zur Herstellung chemischer Verbindungen gefunden. Weitere zusammenfassende Berichte über Kalkstickstoff gaben Pranke[5]) und Franke[6]). Patente auf die Herstellung von Amiden, Cyanamiden und Cyaniden wurden von Ashcroft[7]) und von Acker[8]) genommen. Für die Fixation des Stickstoffs ist Bor besonders geeignet, denn von allen festen Nitriden hat Bornitrid den größten Stickstoffgehalt (56%). Obendrein ist es sehr feuerbeständig und läßt sich leicht in Ammoniak, Cyanide und Stickoxyd über-

führen. Genaue Angaben über Herstellung von Borstickstoff — sie gelingt am besten aus Borsäure oder Borocalcit durch Reduktion mit Kohle — und über dessen Eigenschaften machten Stähler und Elbert[9]). Die technische Gewinnung des Aluminiumnitrids und dessen Bedeutung für die Lösung des Stickstoffproblems schilderte O. Serpek[10]). W. Fraenkel[11]) studierte die Bildung des Aluminiumnitrids aus Aluminiumoxyd, Kohle und Stickstoff im Kohlekurzschlußofen. Bei Verwendung von Ruß beginnt sie schon bei 1400° und wird bei 1500° sehr lebhaft. Die Bildungsgeschwindigkeit des Aluminiumnitrids ist unabhängig von dem Stickstoffdrucke, wird aber bei Gegenwart von Kohlenoxyd vermindert und von der Art der angewandten Kohle sehr stark beeinflußt. Zahlreiche Vorschläge wurden zur Verbesserung der technischen Aluminiumnitriddarstellung gemacht.

Boride verschiedener Metalle (Zirkon, Vanadin usw.) stellte Wedekind[12]) im elektrischen Vakuumofen her. Die benutzten Elektroden wurden durch Pressen von Bor mit dem betreffenden Metall hergestellt und durch Fritten besser leitend gemacht.

Von verschiedenen Seiten wurden Patente auf die Darstellung von Barium- und anderen Erdalkalioxyden im elektrischen Ofen genommen[13]). Die Nutzbarmachung von Feldspat und ähnlichen Gesteinen durch Erhitzen mit reduzierenden Zuschlägen im elektrischen Ofen schlug Lindblad[14]) vor. Herrmann[15]) berichtete über die Entwicklung der elektrischen Quarzguterschmelzung, die auch Gegenstand verschiedener Patente war. Die elektrische Gewinnung des Schwefelkohlenstoffs behandelte Taylor[16]), die des Kohlensubsulfids Stock und Praetorius[17]).

[1]) Witherspoon, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1239. — [2]) Fraenkel, Chem. Centralbl. 1913, II, 1343. — [3]) Ruff und Gersten, Ber. d. dtsch. chem. Ges. Bd 46, S 400. — [4]) Siebner, Chem. Ztg. Bd 37, S 1057. — [5]) Pranke, Chem. Centralbl. 1913, II, S 820. — [6]) Franke, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1360. — [7]) Ashcroft, DRP 256 563. — [8]) Acker, Amer. P. 1 051 303. — [9]) Stähler u. Elbert, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 2060. — [10]) O. Serpek, Österreich. Chem. Ztg. Bd 16 (2), S 104. — [11]) Fraenkel, Z. f. Elektroch. Bd 19, S 362. — [12]) Wedekind, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 1198. — [13]) Chem. Fabr. Coswig, DRP 258 593; Soc. Ital. dei forni Elettrici u. Barbieri, DRP 256 854; Scheermesser, DRP 263 613. — [14]) Lindblad, DRP 266787. — [15]) Herrmann, Chem. Ztg. Bd 37, S 779. — [16]) Taylor, Chem. Centralbl. 1913, I, S 237. — [17]) Stock u. Praetorius, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 45, S 3568.

Elektrische Gasreaktionen.

Stickstoffverbindungen. Die Rolle des Stickstoffs für das Leben behandelte Nernst[1]) in einem Vortrage. Deutschland verbraucht in einem Jahre für 400 Mill. M künstlichen Dünger und erzielt damit eine Steigerung seiner Produktion an Feldfrüchten um 20 bis 30% im Werte von rd. 2 Milliarden M. Im Durchschnitt wird für 1 kg Stickstoff in Form von Ammoniumsulfat oder Salpeter etwa 1 M bezahlt.

Über den Chemismus der für die Gewinnung von Luftsalpetersäure so wichtigen Stickoxydbildung in der Hochspannungsflamme liegen verschiedene Arbeiten vor. F. Fischer und E. Hene[2]) kamen auf Grund von Versuchen zu der Auffassung, daß im Funken, bei der stillen Entladung und im Lichtbogen die zugeführte Energie das Sauerstoffmolekül in Atome spaltet (endotherme Reaktion). Außerhalb des Lichtbogens verlaufen dann nebeneinander die Rückbildung von molekularem Sauerstoff und die Reaktion der Sauerstoffatome mit Sauerstoff und Stickstoff unter Bildung von Ozon und Stickstoffoxyd (exotherme Reaktion). Die Art der erhaltenen Produkte hängt von der Abkühlungsgeschwindigkeit ab. Fischer und Hene erwarten auch in der Praxis bessere Stickoxydausbeuten, wenn nicht Luft, sondern reiner Sauerstoff durch die Hochspannungsflamme geleitet und dieser dann schnell mit Stick-

stoff gemischt und abgekühlt würde. Den Fischer-Heneschen Ausführungen trat A. Koenig[3]) entgegen, welcher eine gleichzeitige Aktivierung von Sauerstoff und Stickstoff für wahrscheinlich hält. Den gleichen Standpunkt scheint auch Ruß[4]) einzunehmen. Im Zusammenhang mit der Stickoxydbildung wurde auch die Frage des chemisch aktiven Stickstoffs erörtert. Auf die eingehende Untersuchung über den Einfluß gewisser Bedingungen auf die Oxydation des Stickstoffs im elektrischen Bogen von A. Ssaposhnikow, A. Gudima und B. Kutowoi[5]) kann nur verwiesen werden. Herstellung und Eigenschaften des Stickstoffpentoxyds sind von Ruß und Pokorny[6]) sowie von Ruß und Ehrlich[7]) studiert worden. Die zahlreichen, namentlich in Patenten niedergelegten Vorschläge zur Verbesserung der technischen Gewinnungsmethoden für Stickstoffsauerstoffverbindungen lassen sich im Auszug nicht wiedergeben; es sei aber die Literatur mitgeteilt, wo man sich rasch über diese Dinge orientieren kann[8]).

Mit der Herstellung von Blausäure aus ihren Elementen im elektrischen Lichtbogen beschäftigen sich die Patente der chemischen Fabrik Griesheim-Elektron, O. Dieffenbach und W. Moldenhauer[9]) sowie des Konsortiums für elektrochemische Industrie in Nürnberg[10]). Lipinski[11]) und Moscicki[12]) setzten sich über ihren Anteil an der Förderung der elektrischen Blausäuregewinnung auseinander.

Andere Verbindungen. F. Böck und L. Moser[13]) erhielten Titanochlorid bei der Einwirkung der stillen Entladung auf Titanichlorid und Wasserstoff. Die technische Abscheidung von Ruß aus Flammen bewirkt B. Thieme[14]) dadurch, daß er zwei mit einer Elektrizitätsquelle verbundene Leiter in die Flamme bringt. H. Püning[15]) reinigt staub- und nebelhaltige Luft mit Hilfe von sprühenden Elektroden, und E. Möller[16]) scheidet Schwebestoffe aus Flüssigkeiten ebenfalls mit Hilfe von Elektrizität ab.

Ozon. Auch im letzten Berichtsjahre sind viele neue Ozonisatoren beschrieben worden[17]). Fritz Weigert[18]) fand, daß die Reaktionen des Ozons mit Wasserstoff und auch mit anderen Gasen außerordentlich lichtempfindlich sind. Auf Grund eigener Versuche hatte Konrich[19]) dem Ozon für die Lüftung jede hygienische Bedeutung abgesprochen und ihm nur eine parfümierende Wirkung zuerkannt. Schmitz[19]) widersprach dieser Ansicht unter Berufung auf die Angaben anderer Forscher, ohne aber die Ausführungen Konrichs experimentell zu widerlegen. Nach Schönfeld[20]) wird die Luft in muffigen Kellern durch Ozon wesentlich verbessert, wenn auch nach Will die Sterilisation versagt.

[1]) Nernst, Chem. Ztg. Bd 37, S 1259. — [2]) Fischer und Hene, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 45, S 3652. — [3]) A. Koenig, Ber. d. deutsch. Chem. Ges. Bd 46, S 132; A. Koenig und E. Elöd, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 2998. — [4]) Ruß, Österr. Chem. Ztg. Bd 15 (2), S 316. Chem. Centralbl. 1913, I, S 216. — [5]) Ssaposhnikow, Gudima, Kutowoi, Chem. Centralbl. 1913, II, S 1550. — [6]) Ruß und Pokorny, Chem. Centralbl. 1913, II, S 1271. — [7]) Ruß und Ehrlich, DRP 266 345. — [8]) s. Z. f. Elektroch. Bd 19, S 234, 596, Bd 20, S 41; G. Brion, Luftsalpeter usw. (Sammlg. Göschen); S. Eyde, Oxydat. d. atm. Stickstoffs, El. Masch.-Bau Bd 15, 43, S 461. — [9]) Griesheim-Elektron, Dieffenbach u. Moldenhauer, DRP 255 073, 260 599. — [10]) Konsort. f. elektroch. Industr., Nürnberg, DRP 263 692. — [11]) Lipinski, Z. f. Elektroch. Bd 18, S 729. — [12]) Moscicki, ebenda Bd 18, S 730. — [13]) Böck und Moser, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1001. — [14]) Thieme, DRP 256 675, Elektroch. Ztschr. Bd 20, S 61. — [15]) Püning, DRP 262 882. — [16]) Möller, DRP 265 964. — [17]) z. B. Hombach, DRP 259 434. — [18]) Weigert, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 815. — [19]) Schmitz, Konrich, Chem. Ztg. Bd 37, S 384. — [20]) Schönfeld, El. Masch.-Bau 1912, 51, 1072,

Sterilisation und Reinigung von Wasser.

E. F. Köhler[1]) berichtete eingehend über die Versuche, welche zur Reinigung des Zuleitungswassers für Marseille angestellt wurden. Das Wasser wird der Durance, einem durch ortschaftliche und gewerbliche Zuflüsse verunrei-

nigten Nebenflusse der Rhône, entnommen. Von den geprüften Reinigungsverfahren stand hinsichtlich der Vorreinigung das Puech-Chabalsche Verfahren (Sandfiltration) an erster Stelle, hinsichtlich der Sterilisation waren die Ozonbehandlung und Ultraviolettsterilisation einander gleichwertig. Eine zusammenfassende Darstellung aller Sterilisationsverfahren gab J. Tillmanns[2]). Angaben über Leistungsfähigkeit und Anwendungsbereiche der verschiedenen Sterilisationsmethoden machte Gärtner[3]). Nach seiner Meinung läßt sich bei einiger Vorsicht der schlechte Geschmack des Wassers auch bei Verwendung von Chlorkalk vermeiden. Nach H. C. Hottel[4]) ist in Trenton der Chlorkalkzusatz so geregelt, daß auf 1 000 000 Teile Wasser 0,8 bis 1 Teil wirksames Chlor kommt, wobei eine Abtötung der pathogenen Bakterien von 94,1% erreicht wird.

Mit den Lampen zur Sterilisation des Wassers und der Kontrolle ihrer Wirksamkeit beschäftigten sich Schwarz und Aumann[5]). P. G. Triquet[6]) ließ sich eine durch Winkelbewegung um ihre Längsachse zündbare Ultraviolettsterilisierlampe patentieren. V. Henri, A. Helbronner und M. v. Recklinghausen[7]) konstruierten eine sehr wirksame Ultraviolettlampe, die bei einer Spannung von 500 V 1150 W verbraucht und eine Lichtintensität von 8000 Kerzen liefert. Die Lampe, deren leuchtendes Quarzrohr U-Form hat, besitzt eine 50 bis 60 mal größere Wirksamkeit als eine 110 V-Lampe. Die genannten Forscher erhielten auch Patente auf Sterilisierungsverfahren für Wasser und für Milch.

Elektrische Methoden zur Enthärtung und Reinigung von Wasser beschrieben van d'Arsdale[8]) und K. S. Guiterman[9]).

[1]) Köhler, Journ. f. Gasbeleuchtg. Bd 55, S 1082. — [2]) Tillmanns, Naturwissenschaften Bd 1, S 229. — [3]) Gärtner, Journ. f. Gasbeleuchtg. Bd 56, S 781, 813. — [4]) Hottel, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1940. — [5]) Schwarz und Aumann, Journ. f. Gasbeleuchtg. Bd 56, S 520; Z. Hygiene u. Infekt.-Krankh. Bd 73, S 119. — [6]) Triquet, DRP 263 381. — [7]) Henri, Helbronner und v. Recklinghausen, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1. DRP 254 882, 259 414. — [8]) van d'Arsdale, El. Masch.-Bau 1912, 46, 966. — [9]) Guiterman, Amer. P. 1 062 966.

Elektroosmose.

Bisher fehlte eine für Elektroosmose geeignete Anode von genügender Widerstandsfähigkeit. Nach den Angaben der Gesellschaft für Elektroosmose m. b. H.[1]) erhält man eine allen Anforderungen entsprechende Anode durch Legieren von Blei mit 10 bis 15% Antimon. Graf Schwerin[2]) hat die üblichen Schlemmprozesse durch Anwendung von Zusätzen geeigneter Elektrolyte oder Kolloide wesentlich vervollkommnet. Durch Verbindung dieser neuen Absetzverfahren mit der Elektroosmose erreicht die Gesellschaft für Elektroosmose m. b. H.[3]) nicht nur eine weitgehende Trennung der suspendierten Teilchen sondern auch eine durch beträchtliche Entlastung der Osmosemaschine bedingte Stromersparnis. Die in Wasser auch nur zum Teil ionisierten Substanzen sind in Wasser der Kataphorese nicht zugänglich. Ihre elektroosmotische Abscheidung erfolgt aber nach Graf Schwerin[4]) prompt, wenn man sie in solche Flüssigkeiten bringt, in denen sie keine Ionen bilden können oder mit denen sie kolloidale Lösungen eingehen. Graf Schwerin[5]) gelang auch die elektroosmotische Trennung von kolloidalen Körpern und Suspensionskolloiden von ihren Trägern, ohne deren Charakter zu ändern, was nach den bisher üblichen chemischen Verfahren nicht möglich war. Diese neue Methode dürfte auch für die Bereitung der Sera gewisse Vorteile haben. Ihre Verfahren zur Entwässerung von tierischen, pflanzlichen und mineralischen Stoffen hat die Gesellschaft für Elektroosmose m. b. H.[6]) weiter vervollkommnet. Ein Verfahren zur elektroosmotischen Schlammbehandlung wurde W. Boehm und A. Milch[7]) geschützt.

Die Bedeutung elektrochemischer und elektroosmotischer Vorgänge für die elektrischen Gerbeverfahren erörterten E. R. Redeal und U. R. Evans[8]) sowie O. J. Williams[9]).

[1]) Gesellschaft f. Elektroosmose m. b. H., DRP 251 098. — [2]) Graf Schwerin, DRP 249 983, 253 563. — [3]) Gesellsch. f. Elektroosmose, DRP 253 429. — [4]) Graf Schwerin, DRP 253 931. — [5]) Graf Schwerin, DRP. 265 628, 266 825. — [6]) Gesellsch. für Elektroosmose, DRP 266 971. — [7]) Boehm u. Milch, DRP 259 500. — [8]) Redeal u. Evans, Soc. Chem. Ind. Bd 32, 12, 633. — [9]) Williams, Collegium 1913, S 76; Chem. Centralbl. 1913, I, S 1476.

Organische Verbindungen.

Julius Petersen[1]) fand, daß bei der Elektrolyse von Salzen der Säuren der Ölsäurereihe die entladenen Anionen in derselben Weise reagieren wie die entladenen Fettsäureanionen. An wesentlichen Produkten erhielt er aus Natriumakrylat Azetylen, nicht aber Divinyl, aus Kaliumcrotonat Allylen, aus undecylensaurem Kalium zwei Diolefine $C_{10}H_{19} \cdot C_{10}H_{19}$ und $C_{10}H_{18}$, sowie den Alkohol $C_{10}H_{19} \cdot OH$ und aus ölsaurem Kalium das Diolefin $C_{17}H_{33} \cdot C_{17}H_{33}$, das Diolefin $C_{17}H_{32}$ und dessen Reduktionsprodukte und den Alkohol $C_{17}H_{33} \cdot OH$. Die Bildung von o-Nitrophenol und vielleicht auch von o,o-Dinitrodiphenyl beobachtete C. Schall[2]) bei der Elektrolyse einer Schmelze von o-Nitrobenzoesäure und deren Kaliumsalz. J. Tafel[3]) wahrte seine Priorität an der Entdeckung der Bildung metallorganischer Verbindungen bei der Reduktion von Ketonen an Blei- und Quecksilberkathoden gegenüber Law[4]). Wilhelm Schepß[5]) gelang es, eine große Zahl von Aldehyden, namentlich an Kadmiumkathoden, zu den entsprechenden Kohlenwasserstoffen zu reduzieren. Nebenher beobachtete er die Bildung von Alkoholen, Hydrobenzoinen und gelegentlich auch von anderen Verbindungen. Von dem kathodischen Verhalten des Cyclopentanons machten Godchot und Taboury[6]) Mitteilung, und M. Nierenstein und F. W. Rixon[7]) berichteten über die Reduktionsprodukte der Ellagsäure. Brand und Höing[8]) reduzierten einige Aldehydaminkondensationsprodukte zu den entsprechenden primären und sekundären Aminen. Aus Trinitrotoluol, Dinitrochlorbenzol und -anisol erhielten Brand und Eisenmenger[9]) je nach den Bedingungen Nitroazoxy-, Nitrohydroxylamino- oder Nitroaminoverbindungen, und H. J. Backer[10]) stellte aus Nitrosopiperidin, Dinitrosopiperazin, Methylphenylnitrosamin und Methylnitrosoharnstoff die entsprechenden Hydrazinoverbindungen her. Eine Methode zur elektrochemischen Umwandlung von Azoxy- in Hydrazoverbindungen wurde Dieffenbach und Moldenhauer[11]) geschützt. Bruno Emmert[12]) reduzierte Pyridin zu Piperidin und α,α- bzw. γ,γ-Dipiperidyl. Sehr gute Dienste hat die Elektroreduktion bei den Untersuchungen M. Freunds und dessen Schüler[13]) über das Berberin geleistet, auf die verwiesen sei. Nach Brand und Brand und Matsui[14]) gehen Diaryltrichloräthane bei der Elektroreduktion je nach den Bedingungen in Stilbene, Dichloräthane oder Tetraarylbutine bzw. -butadiene über.

Fr. Fichter, K. Stutz und Fr. Grieshaber[15]) erhielten bei der Elektrolyse von Ammoniumkarbaminat und Ammoniak in Gegenwart von Methylalkohol Harnstoff, in Gegenwart von Äthylalkohol Azetamidinnitrat, in Gegenwart von Propylalkohol Propio- und bei Anwesenheit von Butylalkohol Butyramidinnitrat. Im Gegensatz zu der chemischen greift die anodische Oxydation aromatische Kohlenwasserstoffe nach Fichter[16]) zuerst im Kern und dann erst in der Seitenkette an. Neben Spaltungsprodukten entstehen Phenole und Chinone, eventuell unter Abspaltung der Seitenkette. Die Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co.[17]) fanden, daß kupferhaltige Bleielektroden sowohl als Anoden wie als Kathoden viel vorteilhafter als solche aus reinem Blei sind. Sie verwandten derartige Elektroden zur Reduktion von Azeton und zur Oxydation von Anthrazen. van Name und C. H. Maryott[18]) erhielten bei der anodischen Chlorierung des Benzols in Lithiumchlorideisessig-

lösung Chloradditions- und -substitutionsprodukte. Unter dem Einflusse der stillen Entladung gehen nach Losanitsch[19]) Äthylen, Azetylen und Benzol mit Chlorwasserstoff Additionsverbindungen ein, die sich dann in höher molekulare Verbindungen umwandeln. Mit Rücksicht auf die Stickstoffassimilation studierte W. Löb[20]) das Verhalten des Formamids gegenüber der stillen Entladung; je nach den Bedingungen bildete sich Oxamid, oxaminsaures Ammonium oder Glykokoll. Nach Beobachtungen der Badischen Anilin- und Sodafabrik[21]) gelingt die Chlorierung von Paraffinen auch unter dem Einflusse der stillen Entladung, so wurde z. B. aus Normalpentan 1- und 2-Chlorpentan erhalten.

Die zahlreichen Verwendungen der elektrischen Heizung bei pyrogenen Reaktionen schilderte Straumer[22]). Bei der elektropyrogenen Zersetzung des Methylalkohols erhielt W. Löb[23]) Wasserstoff und Formaldehyd bzw. Kohlenoxyd und in Gegenwart von Ammoniak Hexamethylentetramin. Staudinger, Endle und Herold[24]) stellten eine genaue Untersuchung über die pyrogene Bildung und Zersetzung von Butadienkohlenwasserstoffen an. Verschiedene Verfahren sind zur elektropyrogenen Herstellung von Butadienkohlenwasserstoffen (Erythren, Isopren usw.), denen als Ausgangsmaterial für den synthetischen Kautschuk zurzeit ein erhöhtes Interesse entgegengebracht wird, ausgearbeitet worden. Abgesehen von einer geeigneten Versuchsanordnung ist natürlich die Art und der Preis des angewandten Rohmaterials für die Wirtschaftlichkeit dieser Verfahren von Wichtigkeit. Als geeignet für die Umwandlung in Butadiene wurden monozyklische Terpene[25]), Nebenprodukte bei der Kautschuksynthese[26]), Petroleum und seine Derivate[27]), Fuselöl[28]) und Fette und Öle[29]) vorgeschlagen.

Der Einfluß von Radiumstrahlen auf organische Verbindungen wurde von Stoklasa, Sebor und Zdobnicky[30]) sowie von Kailan[31]) untersucht. Erstere erhielten aus Kohlensäure, Wasserstoff und Kaliumbikarbonat Formaldehyd, der in Berührung mit Ätzkali Zuckerarten (Hexosen und Pentosen) liefert. Letzterer fand, daß durch Radiumstrahlen sowohl die im Lichte erfolgende Säurebildung aus o-Nitrobenzaldehyd als auch die Abnahme des Drehungsvermögens einer nicht sterilisierten, ursprünglich neutralen Rohrzuckerlösung beschleunigt wird. Eine Einwirkung der Radiumstrahlen auf die Bildungsgeschwindigkeit von Benzoesäureester, auf Oxalsäure und auf Chinon konnten sie dagegen nicht beobachten.

[1]) Petersen, Z. f. Elektroch. Bd 18, S 710; Bd 12, S 141. — [2]) Schall, Z. f. Elektroch. Bd 5, S 256, Bd 19, 830. — [3]) Tafel, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 45, S 3321. — [4]) Law, Chem. Centralbl. 1912, II, S 1101, 2052. — [5]) Schepß, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 2564. — [6]) Godchot und Taboury, Chem. Centralbl. 1913, I, S 699. — [7]) Nierenstein u. Rixon, Ann. d. Chem. Bd 394, S 249; Collegium 1913, S 53. — [8]) Brand u. Höing, Z. f. Elektroch. Bd 18, S 745. — [9]) Brand und Eisenmenger, J. pr. Chem. (2) Bd 87, S 487. — [10]) H. J. Backer, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1186. — [11]) Dieffenbach u. Moldenhauer, DRP 264 013. — [12]) Emmert, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 1716. — [13]) M. Freund und dessen Mitarbeiter, Ann. d. Chem. Bd 397, S 1 u. ff. — [14]) Brand, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 2935; Brand u. Matsui, ebenda S 2942. — [15]) Fichter, Stutz, Grieshaber, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1271; Z. f. Elektroch. Bd 18, S 647. — [16]) Fichter, Z. f. Elektroch. Bd 19, S 781. — [17]) Fr. Bayer & Co., DRP 252 759. — [18]) van Name u. Maryott, Chem. Centralbl. 1913, I, 1106. — [19]) Losanitsch, Chem. Centralbl. 1913, II, S 754. — [20]) W. Löb, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 684. — [21]) Bad. Anilin- u. Sodafabrik, DRP 263 716. — [22]) Straumer, Elektroch. Ztschr. Bd 19, S 211, 247, 273; Bd 20, S 1. — [23]) Löb, Z. f. Elektroch. Bd 18, S 847. — [24]) Staudinger, Endle, Herold, Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd 46, S 2466. — [25]) Staudinger, DRP 257 640; Ostromisslensky und Bogatyr, DRP 266 402. — [26]) Staudinger, DRP 264 923. — [27]) Engler und Staudinger, DRP 265 172. — [28]) Nauck, DRP 264 902. — [29]) Gerlach und Koetschau, DRP 267 079, 267 080. — [30]) Stoklasa, Sebor, Zdobnicky, Chem. Centralbl. 1913, I, S 1411. — [31]) Kailan, Chem. Centralbl. 1913, I, S 621, 622.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

X. Telegraphie.

Telegraphie auf Leitungen. Theorie, Bau der Linien und Apparate, Schaltungen, Betrieb. Von Kaiserl. Obertelegrapheningenieur Geh. Postrat Theod. Karraß, Berlin. — Telegraphie ohne fortlaufende Leitung. Von Kaiserl. Obertelegrapheningenieur Prof. Dr. Franz Breisig, Berlin.

Telegraphie auf Leitungen.

Allgemeines. In dieser Berichtszeit zeigt sich weiter das eifrige Bestreben, die teuern hölzernen Telegraphenstangen gegen vorzeitiges Verderben durch Fäulniserreger zu schützen. Der immer noch kritischen Lage des Kautschukhandels auf dem Weltmarkt suchen die beteiligten Abnehmerkreise durch systematisches Studium und Verbessern der Eigenschaften der im Plantagenbau gewonnenen Handelsmarken zu begegnen. Als Betriebsapparat für den großen Verkehr ist der Schnelltelegraph von Siemens & Halske endgültig eingeführt worden. Im kleinen Verkehr von Ortsnetzen gewinnt der Fernschreiber namentlich in England immer mehr Boden. Für den Betrieb von Seekabeln sind Hilfsapparate konstruiert worden, die viel empfindlicher als der Heberschreiber selbst dessen Schriftzeichen verstärken. Auch der Morsebetrieb in Kabeln ist verbessert worden.

Theorie. G. Wald behandelt mathematisch den Einfluß der Induktivität einer Kabelleitung auf das Abgleichen beim Gegensprechen[1]). Er stellt als besonders wichtig fest, daß die Induktivität am künstlichen Kabel ebenso verteilt sein muß wie am wirklichen Kabel. Malcolm[2]) will die Grundzeichen des Alphabets nur durch eine sinusförmige Halbwelle hervorrufen, und gibt einen Apparat an, der solchen Wechselstrom erzeugt und der gleichzeitig zum Senden dient. K. W. Wagner hat in elementarer Weise aus dem Faradayschen Induktionsgesetze und dem Gesetze vom magnetischen Kreise abgeleitet[3]), wie elektromagnetische Wellen entstehen und welchen Gesetzen sie gehorchen. Er entwickelt den Begriff des Energiestroms und bespricht die durch Überspannungen mitunter für den Betrieb gefährlich werdenden elektromagnetischen Wellen, die in elektrischen Leitungen bei Schaltvorgängen entstehen.

Freileitungen. Über den Verbrauch roher und zubereiteter Stangen in Amerika liegen Angaben des Departement of Commerce and Labor in Washington vor[4]), wonach im Jahre 1911 in die Linien 19,2% getränkte Stangen eingebaut worden sind. — Zur annähernden Berechnung der jährlichen Kosten (a) getränkter hölzerner Stangen wird in Amerika die Formel angewandt[5]):

$$p \cdot [200\,n + n\,(n + 1)\,r] : 200,$$

worin n die Lebensdauer der Stangen in Jahren, r die Verzinsung und p die Kosten für die Beschaffung und Zubereitung der Stangen bedeuten. — Ein

Verfahren, die mittlere Lebensdauer imprägnierter Holzstangen im voraus zu bestimmen, zeigt R. Nowotny[6]). Zunächst stellt er die „antiseptische Kraft" des benutzten Imprägniermittels fest. Die Einheit dieser Kraft ist gegeben durch die in Prozenten ausgedrückte Menge des Mittels, die einer Nährgelatine zugesetzt werden muß, um sie pilzfrei zu machen. Durch Division dieser Prozente in die vom Kubikmeter Langholz aufgenommene Menge des betreffenden Imprägnierstoffes ergibt sich die antiseptische Kraft dieses Stoffes. Es genügen z. B. 0,2% Ätzsublimat (Quecksilberchlorid) oder 3 bis 4% Kupfervitriol, um die Nährgelatine pilzfrei zu machen. Trägt man nach Malenković[7]) die antiseptische Kraft verschiedener Zubereitungsstoffe als Abszissen, die entsprechende mittlere Lebensdauer der damit behandelten Stangen als Ordinaten auf, so liegen die Endpunkte der Ordinaten auf einer gleichseitigen Hyperbel. Um nun die Wirkung eines neuen Stoffes zu ermitteln, trägt man dessen antiseptische Kraft als Abszisse ein. Dann zeigt die Länge der dazu gehörigen Ordinate bis zur Kurve die wahrscheinliche Lebensdauer der mit diesem Stoff behandelten Stangen. Den „Einfluß des Holzmaterials auf die Kyanisierung von Leitungsmasten" hat R. Nowotny untersucht[8]). Die Fichte nimmt im allgemeinen wesentlich weniger von Imprägnierstoffen auf, als die Kiefer. Beim Kyanisieren müssen Fichten 10 Tage lang im Bottich liegen, um aus einer gleichstarken Lösung ebensoviel Quecksilberchlorid aufzunehmen, wie Kiefern in 7 Tagen. Stangen beider Holzarten sind gleichwertiges Baumaterial, wenn sie gleiche Mengen des Salzes aufgenommen haben. Beim Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Konservierungsverfahren kommt R. Nowotny zu dem Schluß[9]), daß die mit Kreosotöl behandelten Stangen die billigsten sind, besonders die mit dem Rüpingschen oder dem Rütgers-Heiseschen Sparverfahren zubereiteten. Weiter weist derselbe Autor nachdrücklich darauf hin[10]), daß alle kreosotierten Stangen noch längere Zeit nach der Zubereitung an der Luft lagern müssen, um recht widerstandsfähig zu werden. An anderer Stelle[11]) bezeichnet er das Lagern auf Stapeln in abwechselnd kreuzweise angeordneten Lagen als die zweckmäßigste Aufbewahrung der Vorratsstangen. In keiner Lage sollen sich die Stangen unmittelbar berühren. Die unterste Lage soll sich ziemlich hoch über dem Erdboden befinden, der von Graswuchs und Holzabfällen frei zu halten ist. K. Havelik[12]) teilt die den Stangen schädlichen Pilze in zwei Gruppen: die erste (Lenzites) zerstört das Holz von innen heraus, die andere (Hausschwamm) greift es von der Oberfläche her an. Ganz besonders greift der Hausschwamm die Stangen an, wenn das sie umgebende Erdreich nicht sorgfältig festgestampft ist. Als Mittel gegen den Hausschwamm empfiehlt Havelik das Teeröl, das Sublimat und die Fluoride. F. Moll vergleicht das Verhalten roher und zubereiteter Stangen in den verschiedenen Ländern[13]). Die mittlere Lebensdauer zubereiteter Kiefern stimmt fast in allen Ländern überein; sie beträgt beim Boucherieverfahren 14,0, beim Kyanisieren 16,5 und bei Volltränkung mit Teeröl 24,8 Jahre. Über die Erfolge des Sparverfahrens mit Teeröl fehlen noch ausreichende Erfahrungen. Da in den Teeren die aromatischen Alkohole (Phenole, Kresole usw.) die eigentlich wirksamen Bestandteile sind, fordert F. Moll[14]), daß in der Zubereitungsflüssigkeit keine unter 175° und keine über 330° siedenden Anteile enthalten sein, die ungesättigten Kohlenwasserstoffe überwiegen und Pech, fester Kohlenstoff sowie andere feste Rückstände überhaupt nicht vorhanden sein sollen.

Drei Vorschläge liegen vor, stehende Stangen in der Nähe der Erdoberfläche besonders zu schützen. Gebr. Himmelsbach in Freiburg (Baden) bieten eine Masse an, den „Stockschutz", welche die Stange als Schutzmantel umgeben soll[15]). Geck in Gronau i. W. empfiehlt[16]), in die Stange auf ¾ ihrer Dicke zwei Löcher, das eine oberhalb, das andere unterhalb der gefährdeten Zone zu bohren, durch welche Karbolineum unter dem Druck von etwa 3 Atm eingeführt wird. Noch umständlicher ist ein 1896 in Frankreich versuchtes Verfahren[17]), den ganzen Fuß der Stange durch eine Asbestumhüllung zu schützen. Die Bedenken gegen Betonmasten, die F. Moll den Holzstangen als nicht

überlegen ansieht[18]), teilt F. C. Perkins nicht[19]). Dieser glaubt vielmehr, daß solche Stangen die gleiche Lebensdauer haben werden, wie z. B. Brücken aus Eisenbeton. Auf Grund mehrjähriger Versuche mit Betoneisenfüßen kann G. Ritter berichten[20]), daß die daran geknüpften Erwartungen der württembergischen Verwaltung in technischer, praktischer und wirtschaftlicher Hinsicht erfüllt worden sind. Sogar ungetränkte in solchen Füßen stehende Stangen zeigen nach 6 Jahren noch keine Spur von Fäulnis. Zum Setzen von Stangen sind in Amerika Automobile verwendet worden[21]), die hinten eine kranartige Vorrichtung zum Aufrichten der Stangen tragen und mit einem Erdbohrer ausgestattet sind.

Durch Messungen an der Linie Wien—Triest—Zara während der ungünstigsten Jahreszeit, so berichtet Nowotny[22]), werden bei Schirokkowetter niedrige Isolationswerte — oft nur 0,6 bis 0,7 Megohm auf 1 km — beobachtet, wogegen, wenn die Bora weht, sehr günstige Werte — so bis 200 Megohm — festgestellt werden. Durch Salzablagerungen, die während der Bora auftreten, leidet die Isolation nicht. Bringt aber der Schirokko wärmere und feuchtere Luft, so löst sich die Salzschicht, wodurch die Isolation plötzlich sehr tief sinkt (vgl. auch S. 168). Da die Fernsprechverständigung von Wien sogar bis Sarajewo trotz der schlechten Isolationsverhältnisse ausreichend bleibt, wird davon abgesehen, die üblichen großen Porzellanisolatoren durch besonders konstruierte zu ersetzen. An anderem Ort, bei Wendover (Utah) in Amerika, hat in einer salzreichen Gegend der sonst bewährte Glasisolator durch eine neue Form ersetzt werden müssen[23]). Dort zeigten die Isolatoren während der Schneeschmelze häufig Kurzschluß. Man fand, daß sie während der trockenen Jahreszeit mit einer Schicht salzhaltigen Staubes bedeckt worden waren, die sich durch den schmelzenden Schnee löste und gut leitend wurde. Der neue Isolator hat eine breite und verhältnismäßig flache Oberseite erhalten, die leicht zu reinigen ist; innen besitzt er zwei geschützte breite Flächen, die immer trocken bleiben, und endlich ist er noch mit einer innersten sehr tiefen Glocke ausgestattet, die den Stromweg zur Stütze bedeutend verlängert.

Kabelbau. In Anbetracht der Krisis auf dem Kautschukweltmarkt hat ein neu eingesetzter Ausschuß wichtige Beschlüsse gefaßt[24]). Zunächst ist beabsichtigt, einheitliche Marken zu schaffen und zu diesem Zweck planmäßig zu prüfen, welche Eigenschaften die im Handel vorkommenden Sorten von Plantagenkautschuk besitzen. Ebeling und Deibel[25]) weisen darauf hin, daß in den versenkten Schwachstromleitungen die Kabeladern an sich hohe Isolation besitzen, daß aber die jetzt gebräuchlichen Umschalteeinrichtungen die Isolation bis auf Bruchteile eines Megohms herabzudrücken geeignet sind. Sie schlagen vor, unter die Teile, an denen Umschaltungen auszuführen sind, eine Ölschicht zu bringen und erläutern an Abbildungen einige nach diesem Prinzip hergestellte Schaltapparate (vgl. auch S. 167). W. Pinkert beschreibt eine fahrbare Druckluftanlage[26]) zum Austrocknen papierisolierter Kabel, deren Bleirohrmantel verletzt ist und Feuchtigkeit durchgelassen hat. Sie dient auch dazu, die Dichtigkeit des Bleimantels zu prüfen.

Apparate. Die englische Verwaltung verwendet jetzt noch ein zweites polarisiertes Relais, das von Kamm[27]). Sein Aufbau ist derart, daß es ohne weiteres an Stelle eines Standard-Relais eingeschaltet werden kann. Der Elektromagnet hat Differentialwicklung. Das Relais soll in den Übertragungen mit einer Schnelligkeit arbeiten, die der Leistung eines Schnelltelegraphen von mehr als 400 Worten in der Minute entspricht. Jos. Zelisko hat neue Untersuchungen an Telegraphenrelais veröffentlicht[28]). Er zeigt, daß die Ankerzunge der üblichen Relais beim Anschlagen zurückprallt und den Kontakt mehrmals berührt. Durch diese Stöße, deren Anzahl vom Luftwiderstande, der Lagerreibung und der Stromwirkung abhängt, wird der endgültige Stromschluß verzögert. Zelisko hat eine Kontaktdämpfung angegeben und seinem neuen Drehspulenrelais (vgl. JB 1912 S 140) hinzugefügt. Wie durch Oszillogramme nachgewiesen wird, übertragen die Relais mit Kontaktdämpfung die Zeichen sicher und scharf

ohne Stoßwirkungen. Ricardo Lopes in Buenos-Aires[29]) hat Locher und Sender von Wheatstones automatischem System abgeändert. Der Vorteil soll in der Erleichterung des Lochens liegen, weil die Anzahl der Arbeitslöcher sich im Verhältnis 3: 1 vermindert. Auf Grund eigener Wahrnehmungen bei bedeutenden französischen Telegraphenämtern hat R. Fischer Mitteilungen über die Verwendbarkeit des Baudotapparates gemacht[30]). Der Retransmetteur, die gewöhnliche und die vollständige Staffelschaltung werden besprochen. Landkabelleitungen lassen sich bis zu 125 km Länge mit vierfachem, bis zu 175 km mit dreifachem und bis zu 225 km mit zweifachem Baudot betreiben. Auch auf Seekabeln sind schon erfolgreiche Versuche gemacht worden. Zu seinem automatischen System hat D. Murray einen Übersetzer konstruiert, der bis 250 Wörter in der Minute druckt[31]). Ein neues Multiplexsystem desselben Erfinders soll in der Minute 10 Wörter mehr als das Baudotsystem leisten, nämlich 40. Die Zeichen werden unmittelbar in einem Druckapparat empfangen, so daß es keines besonderen Übersetzers mehr bedarf, wie bei dem ersten System. Die Leistung des Multiplexsystems wird auf 80 bis 100 Telegramme in der Stunde beziffert. Über den neuen Schnelltelegraphen von Siemens & Halske, der sich im Probebetriebe glänzend bewährt hat, wird es genügen, hier drei Arbeiten zu erwähnen, nämlich die von Franke[32]), Ehrhardt[33]) und Wittichen[34]). In seiner neuen Form leistet dieser Maschinentelegraph bis zu 1000 Zeichen in der Minute; die ankommenden Zeichen werden mittels Typen gedruckt; wie beim Baudot werden fünf Stromstöße positiver oder negativer Richtung zur Bildung je eines Zeichens gebraucht. Der im „Tastenlocher" vorbereitete Streifen durchläuft den „Sender", der die Stromstöße in die Leitung schickt. Im „Empfänger" müssen ein Linienrelais, ein Verteilerrelais und fünf Übersetzerrelais zusammenwirken, um den Abdruck der Zeichen zu vermitteln. Wenn ein gelochter Streifen zum Zweck des Weitertelegraphierens im Durchgange gebraucht wird, läßt sich der Empfänger mit einem Tastenlocher verbinden, der den Streifen liefert. Der Schnelltelegraph wird mit Doppelstrom betrieben und läßt sich auch in Gegensprechschaltung verwenden, wobei sich seine Leistung von 140 Wörtern in der Minute fast verdoppelt. Ein Lochapparat der englischen Verwaltung, der „Gell-Locher"[35]), stellt Streifen her, die sowohl zum Betriebe von Morse- als auch von Wheatstone-Apparaten brauchbar sind. Bei ihm sind nur vier Stempel zu bewegen. Wird eine Taste gedrückt, so wird das Papier von den Stempeln in der Gruppierung durchschlagen, die zum Abtelegraphieren des auf jener Taste angegebenen Zeichens erforderlich ist. Mit dem Gell-Locher soll in der gleichen Zeit die doppelte Arbeit zu leisten sein wie mit dem alten Dreitastenlocher von Wheatstone. Mit ihm werden in der Stunde bis zu 127 Telegramme oder bei Zeitungstelegrammen bis zu 3620 Wörter zu fünf Buchstaben zur Beförderung vorbereitet. — Die Verwendung des Ferndruckers von Siemens & Halske in der Ferndruckerzentrale des Haupttelegraphenamtes und derjenigen der Ferndruckergesellschaft in Berlin wird in Lumière électrique ausführlich besprochen[36]). Von geschickten Personen können auf dem Ferndrucker 1000 bis 1200 Wörter in der Stunde befördert werden. Neuerdings wird dieser Ferndrucker auch in Prag und Triest zur Zustellung und Entgegennahme von Telegrammen im Verkehr mit Abonnenten verwendet[37]). — Eine neue Ausführungsform des von Elisha Gray erfundenen Fernschreibers, die von der A.-G. Mix und Genest angefertigt wird, erläutert die Zeitschrift El. Masch.-Bau[38]) durch Abbildungen und Schaltzeichnungen. Die Apparate können von jedermann ohne Vorübung benutzt werden. In London sind zwei Fernschreiberzentralen in Betrieb[39]), die durch etwa 18 Leitungen mit dem Zentraltelegraphenamt verbunden sind. Sie dienen den Abonnenten zum Verkehr untereinander und zur Auswechselung von Telegrammen mit dem Staatstelegraphen.

Als Ersatz für die aus Lamellenumschaltern zusammengestellten, sehr unübersichtlichen Hauptlinienumschalter waren bei der deutschen Telegraphenverwaltung „Klinkenumschalter für Telegraphenleitungen" eingeführt, bei denen 1902 die Klinkenstreifen senkrecht, seit 1908 aber wagerecht angeordnet waren.

Diese Umschalter störten indessen die Übersichtlichkeit im Saale. An Stelle dieser Muster werden jetzt die „Klinkenumschalter für Telegraphenleitungen (M 12)" treten, die Feuerhahn beschreibt[40]). — Die Zentralisierung von Arbeitsstrom- und Ruhestromleitungen auf gemeinsamen Schränken war solange untunlich, als ein geeignetes Linienrelais fehlte, das gestattete, die Empfangsapparate der beiden Betriebsarten in einer stets gleichen Schaltung zu verwenden, auch fehlte es an einem Mittel, zu verhindern, daß das Anrufzeichen einer Ruhestromleitung sich auslöste, wenn beliebige Anstalten dieser Leitung miteinander arbeiteten. Wie es gelang, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, berichtet Feuerhahn[41]), der an den mehrjährigen Versuchen selbst wesentlich beteiligt ist. Als „Linienrelais" wird ein neutrales Topfrelais verwendet. Ferner ist ein „Zeitrelais" mit einem langsamen Unterbrecher gebaut worden, der etwa in jeder Sekunde einen Stromstoß entsendet. Die „Zentralanrufschränke (M 11)" sind zunächst in drei Formen für 50 oder 60 Leitungen ausgeführt worden, wovon die eine ein Klinkenfeld für 200 Leitungen enthält. — Zur Zentralisierung bei kleineren Anstalten sind außerdem zwei Formen für 30 und für 20 Leitungen geschaffen worden, die mit ihren Schaltungen und Stromläufen ebenfalls von Feuerhahn beschrieben werden[42]). Ferner gibt es noch „Klappenschränke (M 11)" für Telegraphenbetrieb zu vier Leitungen[43]).

Gegen die Errichtung eines Blitzableiters der von Beauchamp angegebenen Art[44]) beabsichtigte die französische Telegraphenverwaltung Einspruch zu erheben und befragte die Akademie der Wissenschaften zu Paris, ob dadurch Unzuträglichkeiten für die Betriebsanlagen der Telegraphie verursacht werden könnten. Das von Violle erstattete Gutachten[45]) kommt zu dem Schluß, daß auch für den Fernsprechverkehr keinerlei Nachteil zu befürchten sei, wenn die oberirdisch geführten Telegraphen- oder Fernsprechleitungen wenigstens 20 m von dem Blitzableiter entfernt wären.

Betrieb. Korn und Glatzel haben Kinoaufnahmen elektrisch übermittelt und am Empfangsorte wieder zu Filmbildern vereinigt[46]). Es werden vier 37 · 41 mm große aufeinanderfolgende Bilder zu einem 7 · 9 cm großen Klischee zusammengestellt, das in etwa 12 Minuten übertragen werden kann, so daß eine Reihe von 20 Bildern etwa 1 Stunde erfordert. Werden mehr Einzelheiten verlangt, so müssen größere Bilder gewählt werden. Klischees zu 13 · 18 cm brauchen etwa 45 Minuten zur Beförderung. Kann man mehrere Stunden zum Telegraphieren verwenden, so lassen sich schon recht ausführliche kinematographische Bilder in einer Nacht übermitteln. Die Kosten dafür sind allerdings hoch.

A. Tobler berichtet[47]) über das vor etwa zwei Jahren wesentlich verbesserte Verfahren von Picard zur Doppeltelegraphie, dessen frühere Einrichtung mehrfach beschrieben worden ist[48]). Das Induktorium ist jetzt durch einen Transformator besonderer Konstruktion ersetzt worden. An die Stelle des phonischen Relais ist ein empfindliches polarisiertes Relais getreten. Nach diesem verbesserten Verfahren wird zwischen Basel und Luzern mit Wechselstrom hoher Frequenz nach dem Morsealphabet gearbeitet, während die dazwischen liegende Station Olten einerseits mit Basel, anderseits mit Luzern auf Morseapparaten in gewöhnlicher Weise mit Arbeitsstrom verkehrt.

Einen Überblick über die zurzeit angewendeten Spezialschaltungen in der Feuerwehrtelegraphie gibt W. Fellenberg[49]). Für jede der verschiedenen Gruppen der zu schützenden Objekte wird die zweckmäßigste Art der Alarmierung und der Organisation der Feuerwehr besonders berücksichtigt. — Vom Branddirektor Schultz ist die Feuermeldeanlage in Barmen 1909 nach einem vollautomatischen neuen System hergestellt worden[50]). Da jede Meldeschleife einen besonderen Empfangsapparat besitzt, können Meldungen aus allen Schleifen gleichzeitig einlaufen. In unbeschädigten Schleifen wird jede Nachricht eines Melders auf dem mit Doppelregistriervorrichtung versehenen Empfangsapparate doppelt aufgezeichnet; die Nachrichten von zwei gleichzeitig betätigten Meldern werden nebeneinander aufgeschrieben. Hat eine Leitung irgendwo Neben-

oder Erdschluß, oder ist sie gebrochen, so wird die gestörte Schleife automatisch umgeschaltet und zur Not betriebsfähig gemacht.

Im deutschen Kabel Emden—Borkum—Teneriffa—Monrovia (Liberia)—Recife (Pernambuco) ist in der von Muirhead angegebenen sogenannten double-bloc-Schaltung seit März 1911 der Gegensprechbetrieb aufgenommen worden. Näheres findet sich bei Kunert [51]). Dort ist die Schaltung beim Endamte Emden mit der künstlichen Leitung nach J. A. L. Dearlove[52]) genau angegeben. Die Kosten für ein Amt mit Gegensprechbetrieb betragen rd. 45 000 M, wovon das künstliche Kabel den Hauptanteil ausmacht. In Teneriffa ist eine Übertragung mit Brownschem Relais aufgestellt, so daß Emden und Monrovia unmittelbar miteinander arbeiten können, wobei eine Sprechgeschwindigkeit von 125 Buchstaben in der Minute erzielt wird. — Zwischen Brest und Emden ist unter Wiederverwendung des ehemaligen Kabels Emden—Valentia eine neue Verbindung geschaffen worden. Dieses Deutschland gehörige Kabel wird seit Juni 1912 in Einfachschaltung betrieben. — Von Monrovia weiter ist gegen Ende des Jahres 1912 ein neues Kabel über Lome nach Duala verlegt worden[53]). Damit sind die beiden Kolonien Togo und Kamerun an das deutsche Kabelnetz angeschlossen.

S. G. Brown hat drei Apparate angegeben, welche die Bewegungen des Schreibröhrchens am Siphonrecorder vergrößern[54]). Mit dem ersten Apparat lassen sich, wenn seine 300 Ohm-Spule auf 10,5 Schwingungen in der Sekunde eingestellt ist, genügend große Schriftzeichen mit einem Telegraphierstrom von 50 Mikroampere erreichen. Auf transatlantischen Kabeln wurde damit eine um 30% erhöhte Telegraphiergeschwindigkeit erzielt. Der zweite Apparat kann ein thermoelektrisches Relais genannt werden, an dem die Energie des Relaiskreises mittels mehrerer Thermoelemente erzeugt wird. Das Maß der Vergrößerung, welche die aus dem Kabel kommenden Stromimpulse erfahren, hängt von der Art und Anzahl der Thermoelemente ab. Mit solchen Relais wurde die Arbeitsgeschwindigkeit in transatlantischen Kabeln um 40% erhöht. Der dritte ist ein völlig mechanischer Apparat, durch den die geringen Bewegungen der Recorderspule auf den Träger des Schreibröhrchens dadurch übertragen werden, daß die beiden einerseits an der Spule, anderseits am Träger angeknüpften Fäden in einigen Windungen um eine Spindel geschlungen sind, die dauernd sich dreht. Die Drehrichtung ist so gewählt, daß der obere Teil sich vom Träger weg zur Spule hin bewegt. Dadurch werden die Fäden am Träger mehr gespannt als an der Spule. Dreht sich nun die Spule infolge der ankommenden Telegraphierströme, dann wird der eine Faden mehr gespannt als der andere; gleichzeitig tritt eine Spannungsänderung des Fadens auf der Trägerseite im gleichen Sinne, nur stärker, ein, so daß die Schriftzeichen entsprechend vergrößert werden. Der Heberschreiber mit dieser Einrichtung läßt sich mit einem Strom von 10 Mikroampere betreiben, wogegen er ohne sie 3 Milliampere erfordert. — Den Morsebetrieb in Kabeln zu beschleunigen ist der Zweck einer von John Gott angegebenen Schaltung[55]), bei der jedes folgende Elementarzeichen (Punkt oder Strich) mit der entgegengesetzten Stromrichtung gegeben wird, wie das vorhergehende. Ausführlich hat Dreisbach diese Schaltung besprochen[56]). Auf andere Quellen verweist die nächste Anmerkung[57]). Die durch die Schaltung von J. Gott erzielte Beschleunigung macht aber nicht 100, sondern höchstens 50% aus. — A. Fraser und P. O'Neil machen darauf aufmerksam[58]), daß W. H. Ash (Porthcurno) denselben Gedanken wie J. Gott bereits 1890 verfolgt, seine Versuche aber eingestellt habe, weil die Methode keine besonderen Vorteile ergab. Auch Delany habe 1893 die Methode in einem seiner Patente beschrieben. — Ferner weist E. Raymond-Barker darauf hin[59]), daß Picard 1898 ein gleichartiges Verfahren zum Betriebe eines Kabels zwischen Frankreich und Algier angewandt habe. — Eine Studie über die verschiedenen im Betriebe von Unterseekabeln angewandten Arten der Zeichengebung hat W. H. Malcolm veröffentlicht[60]). Er untersucht kritisch die Leistung des Heberschreibers und des Verfahrens von John Gott und macht selbst Ver-

besserungsvorschläge. — In einer recht übersichtlichen Zusammenstellung bespricht A. Kunert die Mittel, durch welche die Betriebsgeschwindigkeit in langen Unterseekabeln gesteigert werden kann[61]). Da ein Kabel zwischen Deutschland und Nordamerika rd. 20 Mill. M. kostet, ist selbst eine geringe Erhöhung der Telegraphiergeschwindigkeit von wirtschaftlichem Wert. Mittel, welche die Entladung des Kabels beschleunigen, die Kurvenform des ankommenden Stromes versteilern und somit ein schnelleres Arbeiten ermöglichen, sind z. B. Abschlußkondensatoren und Nebenschlüsse mit hoher Selbstinduktivität, die zum Heberschreiber parallel geschaltet werden. Ihre Anwendung beim Kabel Emden—Vigo gestattet, daß beim Gegensprechbetriebe in beiden Richtungen 135 Buchstaben in der Minute telegraphiert werden. Ferner hat S. G. Brown vorgeschlagen, sein Trommelkabelrelais (Engl. Patent Nr. 1434 von 1859 und Nr. 12 500 von 1906), das bereits in Horta zur Übertragung dient[62]), in Verbindung mit einem Korrektionsstromkreise (Engl. Patent Nr. 23 251 von 1907) auch bei den Endanstalten zu verwenden. Derselbe Erfinder, zusammen mit J. A. L. Dearlove, hat ein Verfahren empfohlen (Engl. Patent Nr. 23 977 von 1908), die aus Punkten und Strichen zusammengesetzten Zeichen durch Abstimmen der Endapparate auf die Frequenz der Stromumkehrungen zu verstärken. Dieses Verfahren ist zwar auf englischen Kabeln versucht worden, scheint sich aber nicht bewährt zu haben. Ebenso ist es dem von Brown erfundenen Fernsprechrelais im Kabelbetriebe ergangen. — Zwischen Emden und Vigo ist dann ein Saitengalvanometer von Erich Huth versucht worden, wobei 203 Buchstaben in der Minute gut übermittelt wurden. Der Apparat ist aber sehr empfindlich und seine Anwendung umständlich, weil die Zeichen auf photographischem Papier aufgenommen werden. Am besten bewährt hat sich der „Magnifier" von Heurtley (s. JB 1912 S 141), der die Betriebsgeschwindigkeit beim Gegensprechen zwischen Emden und Vigo von 135 auf 190 bis 200 Buchstaben in der Minute in beiden Richtungen steigert.

Verwaltung. Vom Verbande Deutscher Elektrotechniker in Gemeinschaft mit dem Verbande der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland sind Leitsätze für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen (Schwachstromanlagen) aufgestellt worden, die vom 1. Juli 1913 ab gelten[63]). Die Leitsätze sind folgendermaßen gegliedert:

A. Geltungsbereich. Die Bestimmungen gelten für Telegraphen-, Telephon-, Signal-, Fernschaltungs- und ähnliche Anlagen, mit Ausnahme der öffentlichen Verkehrsanstalten der Eisenbahn- und Telegraphenverwaltungen. Der Begriff „Schwachstromanlagen" wird durch das Wort „Fernmeldeanlagen" ausgedrückt, da hierdurch eine nicht auf Spannungs- oder Stromangaben beruhende Begriffserklärung möglich ist. „Fernmeldeanlagen" sind solche Anlagen, bei denen es sich um die elektrische Fernmeldung (Übertragung) von Vorgängen, Wahrnehmungen, Willens- oder Gedankenäußerungen handelt. Das Wort „Fern" drückt hierbei nicht ein bestimmtes Maß aus, da die elektrische Fernmeldung auch auf ganz geringe Entfernung stattfinden kann. — B. Erklärungen. Feuchtigkeitssichere Isolierstoffe. Feuchtigkeitssicher ist ein Material, das im praktischen Gebrauch durch Wasseraufnahme nicht derartig verändert wird, daß es für die Benutzung ungeeignet wird. — C. Allgemeines über Apparate. — D. Besondere Bestimmungen über Apparate für feuchte Räume und das Freie.— E. Besondere Bestimmungen über Apparate für nasse und gaserfüllte Räume. — F. Stromquellen. — G. Leitungen.

Das Journal Télégraphique hat seine regelmäßigen statistischen Nachrichten über das Telegraphen- und Telephonwesen der verschiedenen Länder weiter für das Jahr 1911 gebracht[64]).

Von M. Tallendeau, dem Chef des Zentraltelegraphenamts in Paris, werden in den „Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones" die Organisation, Dienstverteilung, Rohrposten, Anrufverteiler und Apparatesysteme des Zentraltelegraphenamts in London besprochen[65]).

Über jedes Geschäftsjahr, das mit dem 1. April beginnt, pflegt der englische Generalpostmeister einen Geschäftsbericht zu veröffentlichen. Aus dem Berichte für 1911/12[66]) ist folgendes bemerkenswert: Einige Landkabel sind neu verlegt, aber auch die Standfestigkeit der oberirdischen Linien ist durch Verwendung stärkerer und festerer Stangen verstärkt worden, so daß jetzt der Ersatz der Überlandleitungen durch die kostspieligen Kabel, die ohnehin für den Schnelltelegraphenbetrieb weniger geeignet sind, nicht mehr so dringend erscheint als einige Jahre zuvor. Die Verwendung von Mehrfach- und Schnelltelegraphen ist weiter ausgedehnt worden; auf Baudotapparaten arbeitet London mit Birmingham, Amsterdam und Berlin. Auch der Simultanbetrieb hat Fortschritte gemacht.

Im folgenden Jahre 1912/13[67]) konnte der Generalpostmeister feststellen, daß die Landkabel von London über Canterbury und Dover bis zu den Landungsstellen der französischen Kabel bei St. Margarets Bay und Abbots Cliff fertiggestellt sind. Die zu den Landungsplätzen der deutschen und niederländischen Seekabel an der Ostküste führenden Landkabel sind bis Chelmsford vollendet. Der Simultanbetrieb auf Stammleitungen durch Bildung von Kunstleitungen ist mit gutem Erfolge weiter ausgebildet worden, z. B. zwischen Aberdeen und Dundee und Newcastle. Der Vielfachbetrieb mittels Baudotapparaten mit dem Festlande, der bereits zwischen London und Paris, Lyon, Marseille, Berlin, Amsterdam und Zürich bestand, ist mit Havre und Genua neu eingerichtet worden und soll binnen kurzer Frist auf einigen anderen Leitungen nach Belgien, Frankreich, Deutschland, Holland, Italien und der Schweiz eröffnet werden.

Auf Grund genauer statistischer Unterlagen hat Roscher die Entwicklung des Weltkabelnetzes namentlich in den letzten fünf Jahren geschildert[68]). Welchen Anteil daran die Hauptländer gehabt haben, seitdem sie zielbewußt bestrebt gewesen sind, das englische Kabelmonopol zu durchbrechen, wird besonders hervorgehoben. Weiter schließen sich grundsätzliche und statistische Angaben an über das Verhältnis der im Staatsbesitz befindlichen Kabel zu denen der Privatgesellschaften.

[1]) G. Wald, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 646. — [2]) H. W. Malcolm, ebenda Bd 72, S 14, 50, 131, 245. — [3]) K. W. Wagner, ETZ 1913, S 1053. — [4]) Arch. Post Telegr. 1913, S 112. — [5]) Telegr. u. Fernsp.-Technik, Jahrg. 1, S 104. — [6]) R. Nowotny, ETZ 1912, S 976; Telegr. u. Fernsp.-Technik Jahrg. 1, S 123. — [7]) Malenković, ETZ 1913, S 436. — [8]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau 1913, S 511. — [9]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau 1913, S 757. — [10]) R. Nowotny, Telegr. u. Fernsp.-Technik Jahrg. 2, S 77. — [11]) R. Nowotny, Z. Post Telegr. (Wien) 1912, S 273. — [12]) K. Havelik, Z. Schwachstr. 1913, S 538, 570, 633, 656; ETZ 1913, S 1434. — [13]) F. Moll, Arch. Post Telegr. 1913, S 229. — [14]) F. Moll, Z. Schwachstr. 1913, S 163. — [15]) Z. Schwachstr. 1913, S 192. — [16]) Geck, ETZ 1913, S 973. — [17]) Z. Post Telegr. (Wien) 1912, S 191. — [18]) Arch. Post Telegr. 1913, S 230, 246. — [19]) Telegr. u. Fernsp.-Technik Jahrg. 1, S 88 (nach Telephone Engineer Bd 8, S 61). — [20]) G. Ritter, Z. Schwachstr. 1913, S 398. — [21]) ETZ 1913, S 151 (nach Deutsch. Verkehrs-Ztg. 1912, S 579). — [22]) R. Nowotny, El. Masch.-Bau 1913, S 821. — [23]) El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 1342. — [24]) Telegr. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 2, S 144. — [25]) Ebeling und Deibel, ETZ 1912, S 1006; Telegr. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 1, S 125. — [26]) W. Pinkert, Arch. Post Telegr. 1912, S 626. — [27]) Jl. Télégr. 1913, S 25. — [28]) ETZ 1913, S 830 (nach El. Masch.-Bau 1912, S 349). — [29]) Jl. Télégr. 1913, S 246. — [30]) R. Fischer, Arch. Post Telegr. 1913, S 517. — [31]) D. Murray, ETZ 1913, S 97 (aus Jl. Inst. El. Eng. Bd 47, 1911, S 450). — [32]) Franke, ETZ 1913, S 1104, 1143, 1171. — [33]) Ehrhardt, Telegr. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 2, S 133. — [34]) Wittichen, Arch. Post Telegr. 1913, S 717. — [35]) El. Masch.-Bau 1913, S 625 (nach Ann. des Postes, Télégraphes et Téléphones 1913, S 535). — [36]) Lum. él. Ser. 2, Bd 23, S 100 (nach Annales des Postes, Télégr. et Téléphones, Juni 1913) — [37]) El. Masch.-Bau 1913, S 25; Z. Post Tel. (Wien) 1913, S 94. — [38]) El. Masch.-Bau 1913, Anh. S 505. — [39]) Post Off. El. Eng. Jl. Bd 5, S 427. — [40]) Tel. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 1, S 193. — [41]) Feuerhahn, Arch. Post Telegr. 1912, S 533; Tel. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 1, S 97. — [42]) Feuerhahn, Arch. Post Telegr. 1913, S 749. —

[43]) Feuerhahn, Arch. Post Telegr. 1912, S 649. — [44]) Vgl. JB. 1912, S 210. — [45]) Violle, Jl. Télégr. 1913, S 73. — [46]) A. Korn, Z. Schwachstr. 1913, S 481. — [47]) A. Tobler, Jl. Télégr. 1913, S 221. — [48]) Unter andern bei: Berger, Gleichzeitige Telegraphie und Fernsprechen, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1910, S 112. — [49]) W. Fellenberg, ETZ 1912, S 1183; 1913, S 893, 1028. — [50]) Schultz, Z. Schwachstr. 1913, S 8. — [51]) A. Kunert, Tel. u. Fernspr.-Techn. Jahrg. 1, S 133. — [52]) DRP 215545. — [53]) Tel. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 1, S 191. — [54]) S. G. Brown, Electrician (Ldn.) Bd 70, S 562, 921; ETZ 1913, S 1004; Tel. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 2, S. 34. — [55]) USP 1 056 533; El. World Bd 61, S 658. — [56]) Dreisbach, ETZ. 1913, S 1395. — [57]) Electrician (Ldn.) Bd 70, S 923; ETZ 1913, S 361, 1266; Deutsche Verkehrszeitung 1913, S 320; Z. Schwachstr. 1913, S 85. — [58]) A. Fraser u. P. O'Neil, Electrician (Ldn.) Bd 70, S 1018. — [59]) E. Raymond-Barker, Electrician (Ldn.) Bd 70, S 1060; El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 337. — [60]) H. W. Malcolm, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 16, 52; Z. Schwachstromt. 1913, S 235, 263. — [61]) A. Kunert, Tel. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 1, S 148, 155. — [62]) Vgl. Arch. Post Telegr. 1903, S 9. — [63]) Tel. u. Fernspr.-Technik Jahrg. 2, S 176. — [64]) Jl. Télégr. 1912, Nr. 10 ff. — [65]) Z. Schwachstr. 1912, S 538, 568. — [66]) Electrician (Ldn.) Bd 70, S 378; ETZ 1913, S 329. — [67]) Electrician (Ldn.) Bd 72, S 86; ETZ 1913, S 1466. — [68]) Roscher, ETZ 1913, S 1367.

Telegraphie ohne fortlaufende Leitung.

Von Ober-Telegrapheningenieur Prof. Dr. F. Breisig.

Theoretische Untersuchungen. Kiebitz[1]) hat dargestellt, wie man die Differentialgleichungen zweier magnetisch gekuppelter, konstant gedämpfter Schwingungskreise integrieren kann, indem man die aus der Annahme des Teilintegrals sich ergebenden biquadratische Gleichung auf eine Gleichung dritten Grades zurückführt. J. Stone-Stone[2]) beschäftigt sich mit einer für technische Zwecke ausreichenden angenäherten Lösung für den Fall magnetischer oder direkter Kupplung.

Howe[3]) erörtert die Frage der Fortpflanzung der elektrischen Wellen durch und um dieErde; er stellt fest, daß, da in der Erde eine Schwingung nicht ohne fortdauernde Zufuhr von Energie aus dem Felde außerhalb der Erde bestehen kann, wenigstens auf große Entfernungen die Übertragung nicht durch das Erdfeld bewirkt wird. Was die Übertragung um die Erde betrifft, so meint er, daß man unter der Annahme vollkommener Leitfähigkeit der Erde und einer Atmosphäre ohne Ionisation zu viel kleineren Empfangsströmen an fernen Orten käme, als sie tatsächlich beobachtet worden sind. Dies stütze die Annahme von der Beugung oder Brechung der Strahlen in den oberen Schichten der Atmosphäre.

Mit dem Einfluß des Lichtes und der Atmosphäre auf die Fortpflanzung der Wellen beschäftigen sich Austin[4]), Eccles[5]), Esau[6]), Ives[7]), Mosler[8]).

Austin[9]) berichtet über mehrere Methoden zur Bestimmung des Strahlungswiderstandes von Antennen. Alle geben ähnliche Kurven, nach denen der Strahlungswiderstand anfangs der Wellenlänge umgekehrt proportional ist, aber ein Minimum erreicht, dessen Ursachen noch nicht aufgeklärt sind, und dann wieder zunimmt. Für die genaueste Methode wird die Ersetzung der Antenne durch Kondensator und Widerstand erklärt, für die am wenigsten genaue die mit Zufügung von Widerstand, bis der beobachtete Ausschlag auf die Hälfte gefallen ist.

Apparate und Schaltungen für den Sender. Löschfunken. Die Methode der Löschfunken wird allgemein angenommen. In der besonderen Ausführung von Chambers[10]) sind kreisförmige Platten mit isolierenden Zwischenstücken so auf zwei Achsen aufgeschichtet, daß der Funke von den Platten des einen Satzes, der sich gegen den anderen bewegt, an immer neuen Stellen des Umfangs über sämtliche Platten überzuspringen hat. Von Interesse ist, daß Chambers seine Anordnung als eine Verbesserung eines Vorschlags von Lodge aus 1897

bezeichnet, der in der Tat Stoßerregung beabsichtigt hat, wenn auch die damals beschriebenen Mittel dazu nicht geeignet erscheinen.

Moretti[11]) läßt aus der durchbohrten Anode einer Bogenlampe Wasser in kontinuierlichem Strahl austreten, das den Lichtbogen mit einer Frequenz von etwa 100 000 in der Sekunde „zerstäubt". Die Stöße wirken auf einen Kreis beliebiger Eigenfrequenz, in dem sie aufeinander folgende Züge abklingender Schwingungen hervorbringen.

Magunna[12]) erzeugt Speisestrom höherer Frequenz, indem er einen Riemen gegen die eine Zinke einer Stimmgabel streichen läßt, deren andere Zinke den Gleichstrom (5 A bei 220 V) der Primärwicklung eines Transformators gegen einen festen Kontakt unterbricht.

Balsillie[13]) benutzt zur Stoßerregung eine Funkenstrecke mit starkem Luftgebläse und einen stark gedämpften Erregerkreis, Dubilier[14]) gibt einen Sender mit Speichenrad an, bei welchem durch die Gestalt der festen Elektrode eine Entladung zustande kommen soll, bei der in der Antenne auf eine Anzahl erzwungener, ungedämpfter Schwingungen ein freies Ausschwingen mit erhöhter Amplitude folgt.

Chaffee[15]) ladet mit Gleichstrom einen Kondensator auf, der über eine Löschfunkenstrecke mit Al-Kathode entladen wird. Mit diesem Primärkreis ist eng ein Sekundärkreis mit 3- bis 8 mal höherer Frequenz gekoppelt, der von den Stößen des Primärkreises angetrieben wird. Die Rückwirkung zwischen beiden Kreisen bewirkt, daß Neuzündungen je nach der Stromstärke nach 3, 4 usw. Schwingungen des Sekundärkreises in richtiger Phase einsetzen.

Hochfrequenzmaschinen. Die Anordnung der Ges. f. drahtlose Telegraphie ist in der Literatur noch nicht ausdrücklich beschrieben; ihr Prinzip ist angegeben in einem Patent[16]) über Verbesserungen im Tasten. Man erhält eine Verdopplung der Periodenzahl des eingeleiteten Wechselstroms, wenn man ihn in gleichem Sinne um die Kerne von zwei Transformatoren leitet, die, ebenfalls in demselben Sinn, jeder eine Bewicklung für einen zur Magnetisierung dienenden Gleichstrom tragen und, untereinander in entgegengesetztem Sinn gewickelt, die Spulen für den Sekundärstrom. Eine knappe Erklärung besagt, daß in dem einen Transformator die positiven Hallwellen des primären Stromes, im anderen die negativen die Magnetisierung nicht merklich ändern, wenn die Gleichstrommagnetisierung schon bis zur Sättigung geht. Die Verbesserung an dieser Anordnung beruht auf der Beobachtung, daß die Kurve der Intensität des Sekundärstroms als Funktion des magnetisierenden Hilfstromes die Form einer Resonanzkurve zeigt, so daß man durch geringe Änderungen des Hilfstromes starke Änderungen des Hochfrequenzstromes erzeugen kann. Man kann daher, statt im Primärkreis zu tasten, dies durch Kurzschließen oder Freigeben eines Widerstandes im Hilfskreise ersetzen. Diese Tätigkeit kann auch selbsttätig in periodischer Form erfolgen, so daß man die Wellen in Zügen verschiedener akustischer Frequenz aussenden kann.

Der AEG[17]) ist ein anderes Verfahren zur Periodensteigerung patentiert worden, nämlich die Verwendung zweier starr gekuppelter Wechselstrommaschinen gleicher Grundperiode, mit gegeneinander geschalteten Wicklungen, von denen aber die eine eine ausgeprägt spitze, die andere eine ausgeprägt flache Kurvenform hat, so daß als Differenz eine Kurve der dreifachen Periodenzahl bleibt. Nach Heyland[17]) erhält man mit einem Fünfphasenanker in einem Siebenphasenfeld 35 Perioden für eine Umdrehung.

Von Lodge[18]) und Lyle[19]) seien theoretische Arbeiten über die Hochfrequenzmaschine vermerkt, von Glatzel[20]), Kock und anonym[21]) zusammenfassende Aufsätze über dieses Gebiet.

Kondensatoren. Austin[22]) untersucht die Kondensatoren für die Sendersysteme, insbesondere Preßluftkondensatoren.

Apparate und Schaltungen für den Empfänger. Zur Aufzeichnung der Zeitsignale hat Turpain empfindliche Empfänger konstruiert[23]), die als photo-

graphisch registrierendes Saitengalvanometer oder als Drehspuleninstrument ausgebildet sind, welch letzteres durch Fäden einen leichten Hebel bewegt.

Um mit einer Antenne zwei Nachrichten verschiedener Wellenlänge empfangen zu können, verwendet die Ges. f. drahtlose Telegraphie[24]) einen Vibrator, der die Antenne in rascher Folge abwechselnd auf jedes der beiden Systeme schaltet.

Hogan[25]) empfiehlt das Heterodyn-Empfangssystem, dessen Eigenart darin besteht, daß man die ankommenden Wellen mit solchen, die beim Empfänger erzeugt werden, interferieren läßt. Man kann dann ohne Detektoren die Wellen in hörbare Schwingungen umsetzen.

Austin[26]) hat beobachtet, daß eine Nebenschließung zum Empfänger, bestehend aus einem Silikonkristall gegen metallisches Arsen, starke Störungen ableitet, ohne den gewöhnlichen leisen Empfang zu beeinträchtigen.

Zu erwähnen sind noch die Versuche von Jégou[27]), durch akustische oder elektrische Resonanz eine zweite Abstimmung, nämlich auf die Senderfrequenz, herbeizuführen.

Goldschmidt[28]) hat als Detektor für ungedämpfte Wellen das Tonrad angegeben, eine Scheibe mit vielen kleinen Zähnen, welcher die Wellen durch Schleifringe an der Achse zugeführt werden, um durch eine auf den Zähnen schleifende Bürste abgenommen zu werden. Wären Zähne und Zwischenräume gleich breit und würde eine Zahnbreite in einer halben Periode durchlaufen, so würden nur die Halbperioden einer bestimmten Richtung durchgelassen. Bei langsamerem oder schnellerem Lauf tritt ein Wechsel beider Richtungen ein, also ein Wechselstrom, dem man etwa 1000 Perioden/sec gibt.

Jégou[29]) zieht aus seinen Untersuchungen an elektrolytischen Detektoren ohne Hilfselektrode den Schluß, daß das dabei verwendete Platin sich unter Hochfrequenzspannungen wie ein Fritter verhält, der das in ihm eingeschlossene Gas stoßweise ausscheidet und dadurch die empfindliche Elektrode depolarisiert.

Zur Verstärkung ankommender Zeichen benutzt die Ges. f. drahtlose Telegraphie[30]) eine akustische Resonanzeinrichtung, in welcher die rhythmisch pulsierenden Detektorströme durch einen Elektromagnet einen Anker mit derselben Eigenfrequenz erregen; dieser wirkt auf ein Mikrophon mit Ortskreis. Indem man die verstärkten Ströme von neuem in ein derartiges Resonanzsystem leitet und durch eine dritte Wiederholung wird es möglich, ankommende Ströme von 10^{-7} bis 10^{-8} A auf 10^{-2} A zu verstärken und damit nach erfolgter Gleichrichtung ein Relais zu betreiben.

Meßapparate. Tissot[31]) gibt einen Wellenmesser an, der eine feste Induktivität und einen Kondensator mit rautenförmigen Platten besitzt, die längs eines Durchmessers verschoben werden. Die Skala ist dadurch linear.

Ludewig[32]) zeigt, daß die Kopplungsbestimmung sich auf dieselben Elemente, Resonanz- und Kopplungswellenlängen, gründet, wie die bei der Dämpfung, und gibt einen Apparat mit direkter Ablesung an.

Jonaust[33]) bestimmt die Frequenz durch Messung der Spannung U am Kondensator und der Stromstärke I, beides bei Resonanz und fester Induktivität L. Dann ist $\omega = U/LI$. Die Ergebnisse sollen so genau sein wie mit den gebräuchlichen Wellenmessern.

Nesper[34]) berichtet zusammenfassend über neuere Frequenz- und Dämpfungsmesser.

Huth[35]) hat statt der Schiebespulen mit geradliniger Kontaktführung solche konstruiert, bei denen die Wicklungen zwei Quadranten einer Trommel bedecken, deren Mantel abgedreht ist und sich an den feststehenden Kontakten vorbeibewegt.

Gerichtete drahtlose Telegraphie. Das preußische Ministerium der öffentlichen Arbeiten[36]) hat in Arcona eine Station mit acht Antennenpaaren gebaut, die in gleichen Zeitintervallen abwechselnd erregt werden. Eine zweite Station mit abweichender Wellenlänge soll in Göhren errichtet werden, so daß Ortsbestimmung möglich wird. E. F. Huth[37]) hat dafür geeignete Apparate konstruiert.

Antennen. Bei Norddeich und Güstrow erprobte K i e b i t z[38]) Erdantennen auf Telegraphenstangen als Stützen und von 250 und 500 m Länge. Ihre Strahlungsfähigkeit hängt in hohem Maße von der Bodenbeschaffenheit ab; indessen ist sie bei hohem Grundwasserstand schon bei 10 m Stangenhöhe derjenigen gewöhnlicher Antennen mit wesentlich höheren Masten gleich.

Als Antennen für sehr lange Wellen schlägt B é t h e n o d[39]) solche vor, deren Eigenwelle durch Vergrößerung der Kapazität oder Selbstinduktion vergrößert worden ist. Mitteilungen über Versuchsergebnisse liegen noch nicht vor.

Die französische Telegraphenverwaltung will einen Vorschlag von B o u t h i l l o n[40]) erproben, wonach über Bergspitzen eine Antenne von 100 km Länge erbaut wird, die man direkt durch Maschinen von 1000 Per/sec erregen wird. Die Hauptvorteile erblickt man im Fortfall des Funkens oder Lichtbogens im Sender sowie des Detektors im Empfänger.

Feste Großstationen. Nach dem System Goldschmidt ist in Eilvese bei Hannover eine Station[41]) mit einem Mast von 250 m Höhe und mit 150 kW Maschinenleistung erbaut worden, die bei Tage mit einer Welle von 7500 m mit Erfolg Zeichen nach der 6700 km entfernten Station Tuckerton (New Yersey) mit einem Mast von 150 m Höhe gesendet hat.

In der Deutschen Südsee werden durch eine vom Reich unterstützte Gesellschaft vier Stationen gebaut[42]), in Jap, Rabaul, Nauru und Apia, die durch das in Jap endende Kabel an das Welttelegraphennetz angeschlossen sind.

Eine Station in Brooklyn[43]) mit 45 m hohen Stahltürmen und einer 120 m langen Antenne soll mit Fessendenschen Hochfrequenzmaschinen für 40 000 Wechsel/sec betrieben werden. Auf den Arlington Heights bei Fort Myer, Va, nicht weit von Washington, hat das Marineamt der Vereinigten Staaten eine Station mit einem 600 und zwei 450 Fuß hohen Türmen bauen lassen[44]), die mit umlaufenden Funkenrädern für 1650 Funken in der Sekunde betrieben wird.

In Fremantle ist eine australische Regierungsstation[45]) nach dem System Telefunken mit zwei 120 m hohen Türmen erbaut worden, mit einer Primärleistung von 50 KVA.

Bewegliche Stationen[46]). Das Schiff „Imperator“ hat eine Anlage nach dem System Telefunken erhalten mit einer großen Station (10 kW Wechselstrom) für 1500 bis 3000 km und einer kleinen (2 kW Wechselstrom) für 600 bis 1200 km. Daneben besteht eine Station mit doppelter Antenne, die aus Batterien gespeist wird. Auf jeder der ersten fünf Reisen verarbeitete die Station über 34 000 Worte.

Dieselbe Gesellschaft beschreibt Stationen für Automobile[47]). Vom Antriebsmotor des Wagens wird durch ein Umschaltgetriebe ein 500 periodiger Wechselstromgenerator angetrieben; ein Teleskopmast von 25 m Höhe trägt die Antenne. In ebenem Gelände reicht die Station bis zu 250 km.

Für Luftschiffe werden Stationen mit Dynamo und mit Batteriebetrieb von Telefunken[48]) und von Huth[49]) erbaut.

Für die Orientierung der Luftschiffe hat man vorgeschlagen, sowohl die Grenzen des Deutschen Reichs mit einem Kranz von gerichteten Stationen zu umgeben[50]) als auch über das Reichsgebiet solche Stationen zu verteilen[51]).

Zeitsignal. Entsprechend der zunehmenden Bedeutung der Zeitsignale, die von der Station Norddeich und dem Eiffelturm ausgegeben werden, enthält die Literatur einerseits Beschreibungen der Sendeanlagen[52]) und der ausgehenden Zeichen, anderseits Hinweise auf geeignete Empfangsapparate[53]).

F e r r i é[54]) bespricht die Genauigkeit und die Anwendbarkeit zu geographischen und anderen Bestimmungen; S c h w a r t z u. V i l l a t h[55]) berichten über geographische Längenbestimmungen in Französisch-Westafrika.

[1]) K i e b i t z , Ann. Phys. 4. Reihe, Bd 40, S 138; El. Masch.-Bau 1913, S 437. — [2]) J. S t o n e - S t o n e , JB drahtl. Telegr. Bd 7, S 8. — [3]) H o w e , Electrician (Ldn.) Bd 72, S 484. — [4]) A u s t i n , Electrician (Ldn.) Bd 71, S 533. — [5]) E c c l e s , Electrician (Ldn.) Bd 71, S 969. — [6]) E s a u , ETZ 1913, S 975. — [7]) I v e s , El. Masch.-Bau 1913, S 789. — [8]) M o s l e r , ETZ 1913, S 996. — [9]) A u s t i n , Electrician (Ldn.) Bd 71, S 854. — [10]) C h a m b e r s , Electrician

(Ldn.) Bd 70, S 1044, 1086. — [11]) Moretti, ETZ 1913, S 654. — [12]) Magunna, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 570. — [13]) Balsillie, Electrician (Ldn.) Bd 70, S 679. — [14]) Dubilier, Electrician (Ldn.) Bd 72, S 407, 445. — [15]) Chaffee, ETZ 1912, S 1275. — [16]) Lum. él. Ser. 2, Bd 23, S 20. — [17]) El. Masch.-Bau 1913, S 1088. — [18]) Lodge. Electrician (Ldn.) Bd 71, S 767. — [19]) Lyle, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 1004. — [20]) Glatzel, Helios Fachz. 1913, S 137, 161, 185. — [21]) Kock, Helios Fachz. 1913, S 49, 71; Anonym, El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 433. — [22]) Austin, JB drahtl. Telegr. Bd 7, S 222. — [23]) Turpain, Ind. él. 1913, S 240. — [24]) Thurn, ETZ 1913, S 529. — [25]) Hogan, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 486. — [26]) Austin, Electrician (Ldn.) Bd 72, S 176—7. — [27]) Jégou, JB drahtl. Telegr. Bd 6, S 542. — [28]) Goldschmidt, Lum. él. Ser. 2, Bd 22, S 341. — [29]) Jégou, Lum. él. Ser. 2, Bd 21, S 239. — [30]) ETZ 1913, S 98. — [31]) Tissot, JB drahtl. Telegr. Bd 7, S 3. — [32]) Ludwig, JB drahtl. Telegr. Bd 7, S 6. — [33]) Jonaust, Bull. Soc. Int. él. 1912, S 305. — [34]) Nesper, Helios Fachz. 1913, S 585, 597, 612, 627. — [35]) Huth, JB drahtl. Telegr. Bd 7, S 77. — [36]) El. Masch.-Bau 1913, S 1029. — [37]) ETZ 1913, S 1378. — [38]) Kiebitz, JB drahtl. Telegr. Bd 6, S 534. — [39]) Béthenod, El. Rev. (Ldn.) Bd 72, S 111. — [40]) ETZ 1913, S 803. — [41]) ETZ 1913, S 831; Electrician (Ldn.) Bd 71, S 219. — [42]) JB drahtl. Telegr. Bd 7, S 86. — [43]) El. Masch.-Bau 1913, S 105. — [44]) El. World Bd 61, S 145. — [45]) Telefunken-Ztg. 1912, S 38. — [46]) Electrician (Ldn.) Bd 72 S 409. — [48]) JB drahtl. Telegr. Bd 6. S 386. — [47]) Telefunken-Ztg. 1913, S 91, — [49]) Z. Schwachstrom 1913, S 88. — [50]) Telefunken-Ztg. 1912, S 110, 114. — [51]) Dieckmann, ETZ 1913, S719. — [52]) de Longueval, Lum. él. Ser. 2, Bd 2, S 396; Bd 23, S 13; JB drahtl. Telegr. Bd 7, S 65; Die Antenne 1913, S 21—42. — [53]) Telefunken-Ztg. 1912, S 108—9; ETZ 1913, S 846; El. Masch.-Bau 1913, S 395; El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 92. — [54]) Ferrié, JB drahtl. Telegr. Bd 7, S 42. — [55]) Schwartz u. Vilatte, Lum. él. Ser. 2, Bd 22, S. 400.

XI. Telephonie.

Theorie, Leitungsbau. Von Telegrapheningenieur F. Lüschen, Berlin. — Apparate. Fernsprechbetrieb. Von Oberpostinspektor W. Schneider, Berlin.

Theorie, Leitungsbau.

Von Telegrapheningenieur Lüschen.

Fernsprechkabel.

Pupin- oder Krarupkabel? Das Verkehrsbedürfnis fordert mehr und mehr die Herstellung leistungsfähiger Unterwasserkabel. Im Vordergrunde des Interesses steht z. B. das Bedürfnis einer Verbindung Englands mit Deutschland, die von der Handelswelt dringend gewünscht wird. Daß ein Kabel verlegt werden kann, das unter Anschluß an Pupinfreileitungen einen einwandfreien Verkehr zwischen London und Berlin gewährleisten könnte, unterliegt keinem Zweifel, die Frage ist nur, ob es zu einem angemessenen Preis herzustellen ist, so daß sich mäßige Gesprächsgebühren festsetzen lassen.

F. Lüschen[1]) und J. G. Hill[2]) untersuchen, welche Kabelmuster für solche längeren Fernsprech-Unterwasserkabel zu verwenden sind. Sie kommen dabei zu dem Ergebnis, daß dafür nur Pupinkabel in Frage kommen, die mit Balata zu isolieren sind. Der Preis der Krarupkabel ist bei kleinen Dämpfungswerten beinahe doppelt so hoch wie der gleichwertiger Pupinkabel, bei größeren Dämpfungswerten wird der Preisunterschied geringer. Das liegt daran, daß bei diesen Werten der Preis der Guttapercha mehr und mehr gegenüber den anderen Kosten, namentlich auch den Kosten der Herstellung, zurücktritt.

In älteren Kabeln ist das Gewicht der Guttapercha durchweg im Verhältnis zum Kupfergewicht sehr hoch gewählt worden, bis zum Doppelten des Kupfers; heute erscheint es am wirtschaftlichsten, nicht mehr Isoliermaterial zu verwenden, als durch die Sicherung einer guten Isolation erfordert wird. Es ergibt sich

dabei im allgemeinen für die Guttapercha ein noch etwas geringeres Gewicht als für das Kupfer. Bei wesentlicher Änderung der Materialpreise würde sich dies Verhältnis natürlich auch verschieben.

Kabeltelephonie mit einfacher Leitung. In Fernsprech-Unterwasserkabeln sind bisher allgemein Doppelleitungen verwendet worden, und zwar werden durchweg in ein Kabel zwei Doppelleitungen verlegt, weil sich dabei die wirtschaftlichste Konstruktion ergibt. Bei größeren Meerestiefen ist die Auslegung derartiger Kabel aber nicht möglich. Es ist daher von Interesse, ob die Telephonie über Einzelleitungen ohne Störung durch Erdgeräusche oder Induktion aus anderen in der Nähe verlaufenden Leitungen möglich ist. Nach Versuchen, die auf dem Krarupkabel zwischen Frankreich und England stattgefunden haben, scheint dies möglich zu sein[3]). Mit einem abschließenden Urteil muß aber noch zurückgehalten werden.

Mit- und Übersprechen in Kabeln und Freileitungen. Es ist zwar gelungen, in Kabeln einen störungsfreien Doppelsprechbetrieb zu erzielen (vgl. JB. 1912, S 150), doch gelingt es nicht, sie vollständig von Mit- und Übersprechen freizumachen. In Deutschland werden von der Reichstelegraphenverwaltung in Verbindung mit der Firma Siemens & Halske umfangreiche Untersuchungen angestellt über die Ursachen des Mit- und Übersprechens, den Einfluß des Dralles der Leitungen, die Möglichkeit des Ausgleichs der Kapazitäten, die Wirkung von Kreuzungen der Zweige einer Doppelleitung oder des Platzwechsels zwischen zwei zu einer Viererleitung gehörenden Stammleitungen usw. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

F. Lange[4]) untersucht theoretisch die Gegeninduktivität parallel geführter verdrillter Leiter, deren Verdrillung in gleichem Sinne und mit langen Schritten ausgeführt ist, und berichtet an der Hand von Messungen an Fernsprechkabeln über die Größe des Übersprechens.

Berechnung von Pupin-Doppel- und -Viererleitungen. Einer Fernsprechdoppelleitung mit gegebenen elektrischen Eigenschaften kann man durch Einschaltung von Spulen nach Pupin durch geeignete Wahl der Induktivität eine günstige Charakteristik geben, bei der die Dämpfung ein absolutes Minimum erreicht. Schaltet man zwei Doppelleitungen zu einer Viererleitung zusammen und will auch die Doppelsprechleitung pupinisieren, so vergrößern die Spulen der Viererleitung die Dämpfung der Stammleitungen und die Spulen der Stammleitung die Dämpfung der Viererleitung. Man kann daher von einer absolut günstigsten Pupinisierung dieser Leitungsgruppierung nicht sprechen. Der Grad der Pupinisierung ist nach der beabsichtigten Art der Benutzung zu bestimmen. F. Lüschen[5]) untersucht diese Verhältnisse näher an dem Beispiele eines Kabels mit 2 und 3 mm starken Leitern.

Linienverzweiger und Untersuchungsstellen mit Ölisolation. Die zunehmende Dichte des Leitungsnetzes in großen Orten macht die Einführung der Leitungen in die Fernsprechämter dauernd schwieriger. Aus diesem Grunde und aus allgemein wirtschaftlichem Interesse muß auf eine möglichst vollständige Ausnutzung der in die Ortsvermittlungsämter eingeführten Kabel der größte Wert gelegt werden. Es werden zu dem Zweck an geeigneten Punkten des Kabelnetzes Linienverzweiger in die Stammkabel eingebaut, an denen die Stammkabel getrennt und die hierbei entstehenden Enden meist nach Aufteilung in 50 paarige Kabel an Endverschlüsse mit Schaltklemmen gelegt werden. Ein Teil der Endverschlüsse ist also mit dem Vermittlungsamt verbunden (Amtsendverschlüsse), ein Teil mit den Kabelverzweigern oder auch Kabelaufführungspunkten (Netzendverschlüsse). Die zu den Betriebsadern der Netzendverschlüsse gehörenden Schaltklemmen erhalten durch lose Schaltdrähte mit den Klemmen der Amtsendverschlüsse Verbindung. Die im Bereiche des Linienverzweigers neu eingerichteten Kabelverzweiger oder Kabelaufführungspunkte werden nicht unmittelbar an das Vermittlungsamt sondern nur an den Linienverzweiger angeschlossen. Ihre Adern werden nach Bedarf auf die vorhandenen Amtskabel

geschaltet. Auf diese Weise nutzt man deren Vorratsadern am besten aus und verzögert die Verlegung neuer Amtskabel.

Bei der großen Zahl der im Linienverzweiger dicht beieinander liegenden Schaltklemmen muß das Auftreten von Feuchtigkeit auf den Schaltplatten mit besonderer Sorgfalt vermieden werden. Man benutzt daher Schaltapparate, bei denen die Füße der Schaltklemmen in Öl stehen[6]).

Um beim Auftreten von Fehlern in großen Fernkabeln die Fehlerstelle schnell eingrenzen zu können, schaltet man in diese Kabel in Abständen von 20 bis 25 km Untersuchungsstellen ein, in denen die Kabeladern schnell und einfach getrennt oder geerdet werden können. So befinden sich z. B. in dem Fernkabel Berlin—Rheinland auf der 150 km langen Teilstrecke Berlin—Magdeburg Untersuchungsstellen in Potsdam, Groß-Kreutz, Brandenburg, Plaue, Genthin und Burg. Der mittlere Abstand dieser Untersuchungsstellen beträgt 21 km. Auch diese Untersuchungsstellen sind so eingerichtet, daß sich die Füße der Schaltstifte — die Verbindung der Leitungen erfolgt durch Lötung — unter Öl befinden. Diese Isolation hat sich bisher gut bewährt.

Behandlung von Fernsprechkabeln mit Druckluft. P. Janzen erörtert die verschiedenen Verfahren zur Trocknung der Druckluft, den Einfluß der Druckluftspannung und der Kabellänge auf die Strömungsgeschwindigkeit und den Einfluß der Lufterwärmung und macht Vorschläge über die Einrichtung ortsfester Druckluftanlagen, die nicht nur zum Prüfen der Kabel, sondern auch zum Entstäuben der Räume und technischen Einrichtungen zu verwenden wären[7]).

Freileitungen.

Beeinflussung der Schwachstromanlagen durch Starkstromleitungen. Die außerordentliche Entwicklung der Starkstromtechnik im letzten Jahrzehnt, insbesondere seit der Einführung des Drehstroms und des einphasigen Wechselstromes zur Übertragung elektrischer Energie auf große Entfernungen, hat für die Schwachstromanlagen eine große Reihe von Gefahren mit sich gebracht. Das elektrische Feld der mit hohen Spannungen arbeitenden Kraftübertragungsanlagen, das magnetische Feld der Wechselstrombahnen und die bei beabsichtigter und unbeabsichtigter Mitbenutzung des Erdreiches zur Stromrückleitung im Erdboden entstehenden Spannungsunterschiede gefährden den Betrieb und die an den Schwachstromanlagen arbeitenden Personen. Um die Art und den Umfang der Störungen kennen zu lernen, hat in Deutschland die Reichstelegraphenverwaltung, zum Teil in Gemeinschaft mit der Preußischen Eisenbahnverwaltung, im Bereiche von verschiedenen Hochspannungsanlagen (Drehstromanlagen sowie Einphasenwechselstrombahnen) eingehende Untersuchungen ausführen lassen. Sie haben über verschiedene wichtige Punkte bereits Aufklärung gebracht, z. B. über die Bedeutung der Oberschwingungen in Wechselstrom- und Drehstromnetzen, über die Zulässigkeit der Neutralpunktserdung, über die Größe der Influenzströme und Induktionsspannungen, über die Fernwirkung von Kabeln, über die Stromausbreitung im Erdreich. Noch zur Erörterung steht die Frage, ob und inwieweit die Starkstromtechnik in der Lage ist, durch Maßnahmen an den Hochspannungsanlagen Störungen und Gefährdungen der Schwachstromleitungen zu verhüten. Ferner befaßt sich die Telegraphenverwaltung in weitem Umfange mit der Herstellung und Erprobung von Einrichtungen und Schaltungen, die, in den Schwachstromleitungen selbst angebracht, die Störungen von den Betriebsapparaten fernhalten und die Beamten gegen gefährliche Spannungen schützen sollen. Ausführlich berichtet über alle diese Fragen und die bisherigen Versuchsergebnisse O. Brauns[8]), der auch den praktischen Bedürfnissen angepaßte Näherungsformeln aufgestellt hat, nach denen die Gefährlichkeit einer geplanten Hochspannungsleitung für den Schwachstrombetrieb beurteilt werden kann. Auch in anderen Ländern beschäftigen sich die Telegraphenverwaltungen mit Untersuchungen. Über die in Frankreich gemachten Untersuchungen über die Beeinflussung der Schwachstromleitungen durch Einphasenwechselstrombahnen berichtet Girousse[9]).

Doppelsprechen. Bei der Untersuchung der Störungserscheinungen im Doppelsprechbetriebe der Freileitungen kommt W. Pinkert[10]) zu dem Ergebnis, daß die Verwendung von Übertragern an Stelle von Abzweigspulen günstiger ist, ferner gibt er Prüfschaltungen für die Prüfung der Doppelsprechleitungen mit Summerstrom an und untersucht die Bedeutung der Unsymmetrien der Leitungen für das Mit- und Übersprechen an der Hand ausführlicher theoretischer Ausführungen über den Stromverlauf in den Leitungen und gibt schließlich praktische Kreuzungsschemata für Freileitungen an.

Isolation der Freileitungen und Pupinisierung. Die Wirksamkeit der Pupinisierung ist wesentlich von dem Isolationszustand der Freileitungen abhängig. Bei schlechtem Isolationszustand wächst die Ableitungsdämpfung ganz erheblich. Bei einer Pupinleitung mit der Charakteristik 2000 z. B. beträgt die Ableitungs-Dämpfung bei einem Isolationswiderstand von 20 Megohm/km $0{,}05 \cdot 10^{-3}$, bei einem Isolationswiderstand von 2 Megohm/km dagegen beträgt sie $0{,}5 \cdot 10^{-3}$, auf 1000 km gibt das eine Erhöhung des Dämpfungsexponenten um 0,5. In Deutschland rechnet man damit, daß der Isolationszustand im allgemeinen nicht unter 2 Megohm/km sinkt. In Küstengebieten macht es aber oft erhebliche Schwierigkeiten, den Isolationswiderstand der Leitungen so hoch zu halten. R. Nowotny[11]) berichtet, daß in den Küstengebieten der Adria oft Isolationswiderstände von 0,6 bis 0,7 Megohm/km festgestellt sind (vgl. auch S. 155).

Relaisuntersuchungsstellen. Wegen der wachsenden Schwierigkeit, die Fernleitungen durch große Städte über die Dächer zu führen, werden mehr und mehr diejenigen großen Fernleitungen, die nicht zum Betriebe in eine Stadt eingeführt werden, um die Stadt herumgeführt. Um bei Störungen in diesen Leitungen schnell die nötigen Verbindungen ausführen zu können, werden sie vielfach an der Grenze der Orte über Relais geschaltet, die von dem Amte des umgangenen Ortes betätigt werden können, und durch die sie zur Untersuchung über besondere Leitungen in das Amt geschaltet werden können. Die Untersuchungsrelais können in einfacher Weise an den Stangen angebracht werden. Die Untersuchungsleitungen von den Relais nach dem Amte können in Kabeln geführt werden. Bei Verwendung von besonderen Wählereinrichtungen kann man dabei die Zahl der vom Amte nach den Untersuchungsrelais führenden Leitungen wesentlich beschränken[12]).

[1]) Lüschen, Arch. El. Bd 1. S. 315. — [2]) Hill, El. Rev. (Ldn) Bd 71, S 892. — [3]) Ann. Postes, Télégr. et Téléph. 1913, S 544; Tel.- u. Fernspr.-Techn. Bd 2, S 93. — [4]) Lange, ETZ 1913, S 321. — [5]) Lüschen, ETZ 1913, S 31. — [6]) Völker, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd 2, S 7 (vgl. auch S 160, Anm. [25]). — [7]) Janzen, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd 2, S 109. — [8]) Brauns, ETZ 1913, S 116; Arch. Post u. Telegr. 1914 S 33. — [9]) Girousse, Lum. él. Sér. 2, Bd 24, S 262. — [10]) Pinkert, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd 2, S 139. — [11]) Nowotny, El. Masch.-Bau 1913. 28. Sept. — [12]) Hartz, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd 2, S 85.

Fernsprechbetrieb.

Von Ober-Postinspektor W. Schneider.

Gebühren. Durch Erlasse des Reichskanzlers vom 8. und 12. Februar 1913[1]) sind im Gebiete der deutschen Reichstelegraphenverwaltung die Ausführungsbestimmungen zur Fernsprechgebührenordnung und die Bestimmungen über Fernsprechnebenanschlüsse in mehreren Punkten geändert und ergänzt worden. Der 5 oder 10 km-Umkreis wird in Ortsnetzen mit mehreren Vermittlungsanstalten jetzt von der Vermittlungsanstalt gerechnet, an die der Fernsprechanschluß wirklich herangeführt wird. Wenn ein Fernsprechanschluß an eine andere als die nächste Vermittlungsanstalt geführt werden soll, wird kein Baukostenzuschuß mehr erhoben. Reichs-, Staats- und Kommunalbehörden kann gestattet werden, mehr als fünf Nebenanschlüsse mit einem Hauptanschluß zu verbinden.

Die Gebühren für die von der Reichstelegraphenverwaltung errichteten und instandzuhaltenden Nebenanschlüsse mit Reihenapparaten sind endgültig festgesetzt und weitere ergänzende Bestimmungen über Fernsprech-Reihenanlagen[2]) erlassen worden.

Entwicklung der Fernsprechnetze[3]). Das starke Anwachsen großer Städte, die stetige Zunahme der Fernsprechanschlüsse und der aus wirtschaftlichen und technischen Rücksichten jetzt wohl allenthalben durchgeführte Grundsatz, wenn irgend möglich auf einem Grundstück nur ein einziges Fernsprechamt bis zu 10000 Anschlüssen zu bauen, haben die Veranlassung dazu gegeben, die Entwicklung großer Fernsprechnetze in bestimmter Weise zu veranschlagen. Es seien hier nur die Hauptgesichtspunkte angegeben, nach denen die Amerikaner bisher solche Entwicklungspläne großer Fernsprechnetze aufgestellt haben. Auf Grund eines Entwicklungsplanes will man ermitteln, mit welcher Höchstzahl der Teilnehmeranschlüsse in einem Fernsprechnetz gerechnet werden muß, wie die Anschlüsse auf die Häuserblocks, Stadtviertel zu verteilen sind, welche Umschalteeinrichtungen und Kabelanlagen vorgesehen werden müssen, schließlich wieviel Ämter eingerichtet werden müssen, und wo die beste Lage für jedes einzelne Amt ist. Es werden Hauszählungen vorgenommen zu dem Zweck, auf einem Stadtplane anzugeben, wo überhaupt Anschlüsse möglich sind. Nicht nur die Gegenwart, auch die zukünftigen Möglichkeiten von Fernsprechanschlüssen — Aufschließung und Bau neuer Wohn-, Geschäfts- oder Industrieviertel — sind zu berücksichtigen. Die gegenwärtige Bevölkerungszahl, die in den folgenden 5 und 15 Jahren zu erwartende Bevölkerung sind zu ermitteln, um auch hiernach die Zahl der Anschlüsse zu berechnen. Der Zeitpunkt von fünf Jahren ist wichtig, weil die ersten Kabelanlagen für diese Zeit vorgesehen werden; mit einer Zeit von 15 Jahren zu rechnen, hat sich nach den praktischen Erfahrungen als am besten erwiesen. Nach der Zahl der Fernsprechanschlüsse in den einzelnen Häuserblocks richten sich die Kabelanlagen, die Kabelführung, die Art der Kabel und die Kabel-End- und -Verzweigungsstellen. Die Lage des Amtes soll so gewählt werden, daß man mit dem geringsten Aufwand an Leitungen und mit den geringsten jährlichen Ausgaben für Unterhaltung auskommt.

Betrieb großer Fernsprechämter. Über die Organisation des Betriebes großer amerikanischer Fernsprechämter berichtet Freimark[4]). Alle Einrichtungen und Vorkehrungen des Fernsprechbetriebes zielen daraufhin, unter geringsten Kosten die größte Zufriedenheit der Teilnehmer zu erreichen. Alle Bell-Gesellschaften, die Betriebsgesellschaften, werden durch die American Telephone and Telegraph Comp. finanziell überwacht, keine Gesellschaft wird eine durchgreifende Änderung vornehmen, ohne erst den Rat und die Genehmigung der A. T. & T. C. einzuholen. Alle Materialien zum Fernsprechbau und alle Apparate werden, soweit wie möglich, von ein und derselben Gesellschaft, der Western Electric Co., geliefert, die ebenfalls unter der Aufsicht der A. T. & T. C. steht. Infolgedessen bildet das System der Bell-Gesellschaften ein einheitliches Ganzes, wie es in Ausbau, Betrieb und Erfolg sonst nirgends gefunden werden dürfte.

Die wirtschaftliche Ausnutzung umfangreicher, kostspieliger Fernsprecheinrichtungen erfordert eine sorgfältige Ausbildung des Betriebspersonals, die ganz besonders wichtig ist in Fernsprechnetzen mit mehreren Vermittelungsstellen, sobald also Verbindungsleitungs- und Dienstleitungsbetrieb in Frage kommt. Während in Amerika schon seit länger als zehn Jahren Schulämter zur sorgfältigen Erziehung des Personals im Fernsprechdienst bestehen, wird in der deutschen Reichstelegraphenverwaltung außer den Schulämtern in Berlin und Hamburg, die schon seit Jahren im Betriebe sind, möglichst bei jedem größeren, neu einzurichtenden Fernsprechamt ein Schulamt eingerichtet. Über das Lehramt für Fernsprechbeamtinnen in New York hat die Western Electric Co. ausführliche Angaben veröffentlicht[5]). Das Telegraphenschulamt in Berlin, das ebenfalls näher beschrieben ist[6]), und die sonst eingerichteten deutschen Schulämter für Fernsprechbeamtinnen sind auf den in

Amerika gewonnenen praktischen Erfahrungen im Schulamtsbetriebe aufgebaut worden.

Um die Schnelligkeit, Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit des Betriebes zu steigern, müssen geeignete Betriebsvorschriften[7]) für den Fernsprechdienst erlassen und im Schulamtsbetriebe so eingehend gelehrt und geübt werden, daß sie im praktischen Dienste auch sicher und ohne jede Abweichung beachtet werden. Zu dieser Prüfung wird der Fernsprechdienst durch besondere Einrichtungen — Kontrollamt — überwacht[8]). Die Arbeitstätigkeit der Beamtinnen muß nach bestimmten Regeln bewertet, die Leistungen müssen nach bestimmten Vorschriften gemessen werden[9]), um einen Anhalt für die wirtschaftliche Verwendung des Personals und der technischen Einrichtungen zu gewinnen.

Während früher die Zahl der erforderlichen Verbindungsmittel, z. B. die Zahl der Schnurpaare oder Einzelschnüre an den Arbeitsplätzen der Vielfachumschalter, die Zahl der Verbindungsleitungen zwischen mehreren Ämtern usw. auf Grund praktischer Erfahrungen festgesetzt wurde, sind nach den Ausführungen von Spiecker[10]) in letzter Zeit mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung von einigen bedeutenden Fernsprechgesellschaften und Fernsprechtechnikern Erfahrungsformeln aufgestellt worden, mit denen die Zahl der erforderlichen Verbindungsorgane aus der mittleren Gesprächsdauer und der Zahl der stündlichen Gespräche bestimmt wird. Von der Western Electric Co. ist für Handämter die Formel aufgestellt $i = n\,t + 4{,}2\sqrt{(1 - t)\,n\,t}$. Hierin bedeuten n Zahl der stündlichen Gespräche, t mittlere Gesprächsdauer in Stunden, i Zahl der Verbindungsleitungen. Ebenfalls für Handfernsprechämter gilt die Formel der ehemaligen National Telephone Co. in England

$$n = \frac{7\,i\,\frac{1}{t}}{7 + \sqrt{1 + \frac{240}{i}}}$$

Schließlich ist noch für selbsttätige Amtseinrichtungen von dem Amerikaner Campbell die Fomel angegeben $i = n\,t + 2{,}8\sqrt[3]{n\,t}$. Weil Grinstedts rein theoretische Arbeit über die Berechnung der Zahl der Verbindungsorgane keine Vergleiche mit der Praxis enthält, hat Spiecker sich veranlaßt gesehen, das ganze Wahrscheinlichkeitsproblem noch einmal genau durchzuarbeiten und zugleich durch einen Versuch die Beziehungen zwischen Theorie und Praxis festzustellen. In dasselbe Gebiet fällt auch die theoretische Untersuchung von Christensen[11]) über die Wählerzahl in selbsttätigen Fernsprechämtern. Christensen will ein Verfahren ausbilden, das eine einfache Berechnung der nötigen Wählerzahl ermöglicht, und kommt zu der Gleichung $x = y + 3{,}3\sqrt{y}$. Hierin ist x die Zahl der erforderlichen Leitungen, $y = \frac{S\,m}{60}$; $S\,m$ bezeichnet die Sprechminuten, ein Produkt aus der Zahl und der Dauer der Gespräche. y ist daher die Zahl der auf eine Minute entfallenden Gespräche.

Nebenanschlüsse und Hausfernsprechanlagen. Die Apparate und Schaltungen für Reihenanlagen in den Sprechstellen sind sowohl von der Reichstelegraphenverwaltung als auch von der Privatindustrie weiter ausgebaut worden. Es werden Reihenanlagen mit hintereinander- und nebeneinandergeschalteten Sprechstellen hergestellt[12]). Während bei der Hintereinanderschaltung die Amtsleitung bei jeder Sprechstelle über Kontakte geführt ist (siehe Abb. 20) und daher beim Einschalten einer Sprechstelle von den hinter dieser liegenden Sprechstellen abgetrennt wird, hat sie bei der Nebeneinanderschaltung keine Unterbrechungsstellen (siehe Abb. 21), die Amtsleitung kann daher nicht mehr aufgetrennt werden. Es sind Sperrelais eingebaut, die alle Sprechstellen bis auf die sprechende von der besetzten Amtsleitung trennen, oder die Amtsdruckknöpfe

der nicht sprechenden Stellen werden elektromagnetisch verriegelt, so daß auch ein Mithören anderer Nebenstellen nicht möglich ist.

Eine besondere Ausführung für Fernsprechzentralumschalter mit Post- und Privatanschlüssen ist das von Siemens & Halske hergestellte Steckschlüsselsystem[13]). Dieses System soll die Nachteile der Nebenstellenschränke mit Drucktasten beseitigen, die darin bestehen, daß bei jeder Amtsleitung alle Neben-

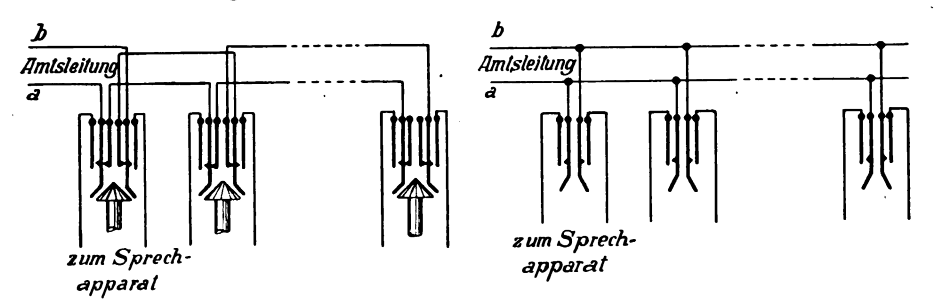


Abb. 20. Reihenanlage mit hintereinander geschalteten Stellen.

Abb. 21. Reihenanlage mit parallel geschalteten Stellen.

stellenschalter wiederholt werden müssen. Bei der Neuerung sind nur so viele Umschalteklinken wie Nebenstellen und nur so viele Steckschlüssel wie Amtsleitungen erforderlich. Die ganze Anordnung nimmt nur wenig Platz ein und gewährleistet bei voller Ausnutzung der Amtsleitungen eine sehr gute Übersicht und bequeme Bedienung. Abb. 22 zeigt die Schaltung eines Nebenstellenumschalters nach dem Druckknopfsystem für 20 Amtsleitungen und 100 Nebenstellen, Abb. 23 die dieser Anlage entsprechende Schaltung eines Steckschlüsselumschalters.

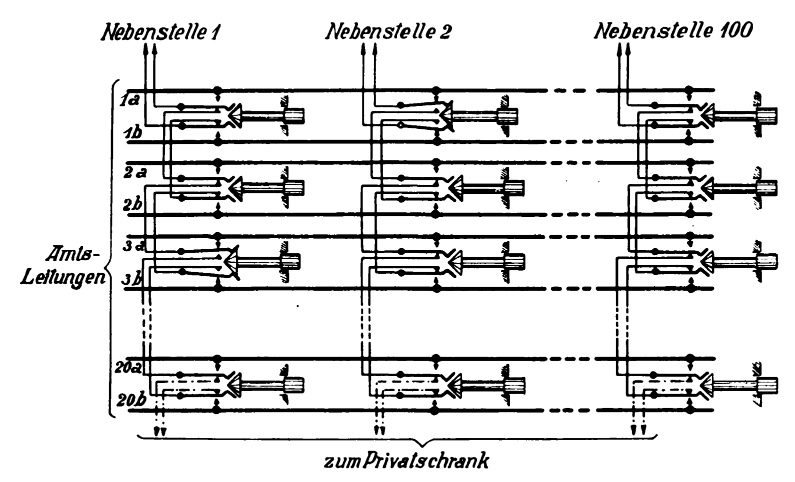


Abb. 22. Nebenstellenschrank mit Drucktaste.

Selbsttätige Einrichtungen finden mehr und mehr Eingang in Hausfernsprechanlagen. So hat die Firma Siemens & Halske bisher schon 46 Hausfernsprechanlagen mit vollselbsttätigem Betriebe hergestellt, an die insgesamt 10 197 Anschlüsse herangeführt sind[14]). — Der selbsttätige Linienwähler nach dem Siemens-Strowger-System[15]) ist zunächst für 25 Teilnehmer ausgebaut. Die in den Sprechstellenapparat eingebaute Nummerscheibe ist 25 teilig, hat also die Nummern 1 bis 25. Der gewünschte Teilnehmer wird,

nachdem er mittels der Nummerscheibe gewählt ist, durch Niederdrücken einer Taste angerufen. Bei freier Leitung erhält der rufende Teilnehmer ein leises Schnarren im eigenen Hörer, das durch Ansprechen des Weckers der angerufenen Sprechstelle verursacht wird, bei besetzter Leitung dagegen ein einmaliges feines Knackgeräusch. Ein Mithören ist ausgeschlossen, weil eine Verbindung mit der besetzten Leitung nicht zustande kommt. Von jeder Teilnehmerstelle führt nach der Zentralstelle, wo die zur Herstellung der Verbindungen erforderlichen Apparate in einen Holzschrank eingebaut sind, eine Doppelleitung. Außerdem ist für sämtliche Sprechstellen eine gemeinsame Erdleitung vorhanden. Es werden Anrufsucher und Leitungswähler verwendet. Die Wähler werden von vornherein mit 25 Kontakten ausgerüstet. Sollen die Sprechstellen zum Verkehr mit dem Fernsprechamt zugelassen werden, so erhalten die Apparate einen besonderen Druckknopf nebst Besetztsignal für die Amtsleitung. Die Druckknöpfe für die Amtsleitung sind so ausgebildet, daß bei einer Amtsverbindung im Hausnetz Rückfrage gehalten werden kann, ohne daß eine besondere Rückfragetaste

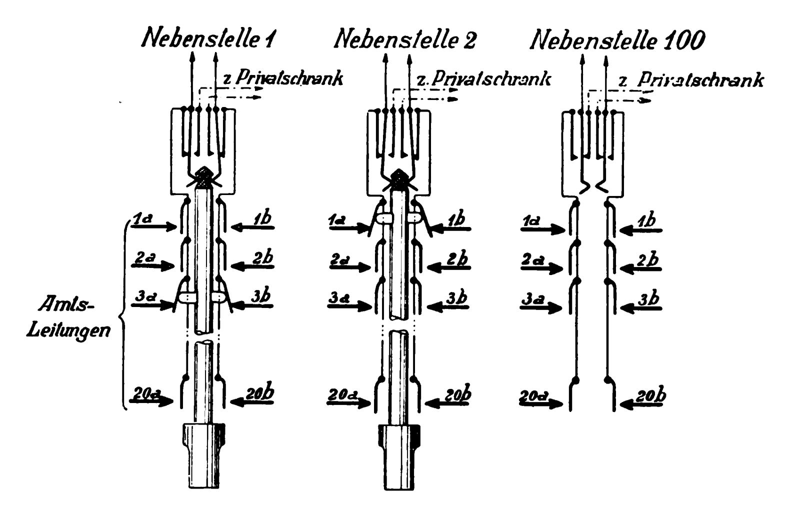


Abb. 23. Nebenstellenschrank mit Steckschlüssel.

benutzt werden müßte. Die Mikrophone der Hausanlage werden aus einer Zentralbatterie von 24 V über die beiden Sprechleitungen gespeist. Besondere Speiseleitungen oder Speisedrosselspulen sind daher nicht nötig.

Die Versorgung der Nebenstellenanlagen mit Batteriestrom hat S c h o t t e[16]) unter Darlegung der verschiedenen Arten der Zuführung des Speisestromes für die Nebenstellenmikrophone eingehend untersucht. Er kommt zu dem Ergebnis, daß bei geringeren Entfernungen der Nebenstellenanlagen vom Amte vorzugsweise Speiseleitungen — entweder als besondere Leitungen oder unter Benutzung der b-Leitung — und bei weiteren Entfernungen Pufferbatterien zu verwenden sind, die vom Amte durch besondere Ladeleitungen oder durch die Sprechleitungen geladen werden können.

Eine bemerkenswerte Fernsprecheinrichtung für ein großes Hotel ist in Amerika hergestellt worden[17]). Diese Hausfernsprechanlage ist mit Vielfachumschaltern ausgerüstet, die 2000 Anschlüsse aufnehmen können. Über dem Klinkenfelde der Schränke sind Telautographenapparate angebracht, mittels deren die Fernsprechbeamtinnen an eine Reihe von Sprechstellen des Hotels, die mit Telautographen ausgerüstet sind, schriftliche Mitteilungen übersenden können, wenn eine solche Sprechstelle auf einen Weckruf nicht antwortet und eine Fernsprechverbindung daher nicht ausgeführt werden kann.

Amtseinrichtungen. 1. Handämter. In kleineren Ortsfernsprechnetzen des Deutschen Reichstelegraphengebiets mit OB (Ortsbatterie)-Betrieb wird, soweit Klappenschränke nicht ausreichen, der Vielfachumschalter M 13 verwendet. Dieser Umschalter ist eine neue, im letzten Jahre durchgebildete Ausführung des bisher verwendeten kleinen Vielfachumschalters M 02 mit zweiseitigem, selbsttätigem Schlußzeichen, dessen äußere Abmessungen beibehalten sind. Kleinere Anrufklappen und Abfrageklinkenstreifen in der Größe und Anordnung der Vielfachklinkenstreifen ermöglichen es, den neuen Umschalter mit 200 Anrufzeichen für den Platz auszurüsten. Die Schaltungen des Vielfachumschalters M 02 sind für den neuen Schrank ebenfalls beibehalten.

In größeren Ortsfernsprechnetzen ist bei neuen Einrichtungen allgemein der ZB (Zentralbatterie)-Betrieb eingeführt worden. Verwendet werden die Vielfachumschalter ZB 10 für Ortsfernsprechnetze bis zu 3000 Anschlüssen, ZB 11 m für mittlere Netze bis zu 6300 und ZB 11 g für Netze bis zu 10 000 Anschlüssen.

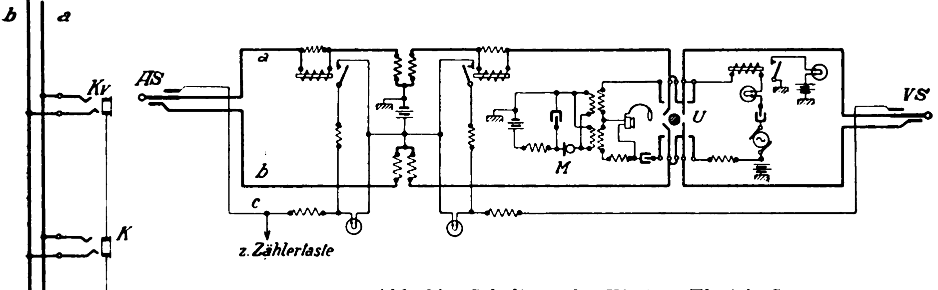


Abb. 24. Schaltung der Western Electric Co.

Die früher hergestellten und in verschiedenen Netzen noch im Betriebe befindlichen großen Vielfachumschalter mit einer Aufnahmefähigkeit bis zu 20 000 Vielfachklinken werden nicht mehr gebaut. Von den großen Vielfachumschaltern ZB 11 g werden zwei Arten Schränke ausgeführt: Z B 11 g V, ein großer Teilnehmerschrank mit Anrufzeichen, Abfrage- und Teilnehmervielfachfeld und mit abgehenden Verbindungsleitungen, Z B 11 g B, ein großer Verbindungs- oder B-Schrank mit Teilnehmervielfachfeld und ankommenden Verbindungsleitungen. Für die Systemschaltungen kommen nur das Western- und das Ericsson-System in Frage. Die normale, von der Reichstelegraphenverwaltung für Teilnehmerschränke angewendete Schaltung des Westernsystems, das bisher namentlich von der Firma Zwietusch & Co. und auch von Mix und Genest vertreten, in neuerer Zeit aber auch von den Firmen Siemens & Halske und den Deutschen Telephonwerken angenommen ist, zeigt die Abb. 24. Die verschiedenen Schaltungen des Ericsson-Systems für Teilnehmer-, Abfrage- oder A-Schränke, für B-Schränke usw., wie sie bei dem von den Deutschen Telephonwerken gebauten Vermittelungsamt Wilhelm in Charlottenburg verwendet worden sind, hat Buttler[18]) in einem ausführlichen Aufsatze über die technischen Einrichtungen und den Betrieb dieses Amtes beschrieben. Sowohl bei den Western- als auch bei den Ericsson-Schaltungen wird in allen neuen Einrichtungen für die B- oder Verbindungsplätze selbsttätiger Ruf vorgesehen.

Für ZB-Handämter ohne Nachtdienst können auf dem Amt besondere Nachtschaltungen[19]) eingerichtet werden, die den beiden in dieser Weise verbundenen Teilnehmern einen Verkehr untereinander ohne weitere Mitwirkung des Amtes während der Nacht ermöglichen.

Über die Verwendung selbsttätiger Einrichtungen zur Verbesserung und Ergänzung des Betriebes in Handämtern sind umfangreiche Untersuchungen

angestellt, Versuche durchgeführt und verschiedene Vorschläge gemacht worden. Arthur Bessey Smith[20]) führt in längeren Darlegungen die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der selbsttätigen Anrufverteilung dar. Er weist darauf hin, daß in Handämtern selbst unter der bestmöglichsten Verwendung des Personals, bei der eingehendsten Ausnutzung des Zwischenverteilers, der zweckmäßigsten Besetzung der Arbeitsplätze und Belegung der Plätze mit Anschlüssen es nicht möglich ist, die Beamtinnen zu jeder Zeit, in verkehrsschwachen und verkehrsstarken Stunden, namentlich in der Hauptverkehrsstunde und bei scharf ansteigenden Verkehrsspitzen, gleichmäßig zu belasten und die eingehenden Anrufe gleichmäßig zu bedienen. Ideale Bedingungen für den Handbetrieb würden erreicht werden, wenn alle Beamtinnen gleichmäßig belastet werden könnten, wenn man infolgedessen die Zahl der Arbeitsplätze dem Verkehr anpassen und jede Beamtin zu jeder Zeit mit ihrer vollen Leistungsfähigkeit beanspruchen könnte. Diese Bedingungen können aber nur durch selbsttätige Anrufverteilung erfüllt werden. Smith weist noch darauf hin, daß der selbsttätige Anruf- oder Verkehrsverteiler eine sehr betriedigende Mittelstellung zwischen Hand- und vollselbsttätigem Betrieb einnimmt, wenn die menschliche Arbeitskraft und damit die menschliche Intelligenz im Ortsfernsprechbetriebe nicht ausgeschaltet werden sollen.

Hierher gehören auch die Ausführungen von B. A. Anson[21]) über die Ersparnis in Anlage und Betrieb von Telephonämtern, die Ausführungen von Baumann[22]) über das SS- (Simultanschalter-) System für mittlere und große Telephonanlagen und von Slingo[23]) über die Anwendung mechanischer Vorrichtungen zur Verbesserung des Handbetriebs von Telephonämtern. Slingo macht drei Vorschläge: 1. Verteilung der Anrufe, 2. selbsttätige Verteilung mehrerer A-(Abfrage-)Beamtinnen oder mehrerer Ämter, die an einen B-(Verbindungs-)Platz angeschlossen sind, in der Weise, daß zurzeit immer nur eine A-Beamtin oder ein Amt mit der B-Beamtin verbunden ist; 3. selbsttätige Auswahl der abgehenden Dienstleitungen.

Bei seinem ersten Vorschlage verfolgt Slingo denselben Zweck wie Smith. Während Smith und Slingo für eine Verteilung aller Anrufe eintreten, gibt es auch Einrichtungen, die nur einen Teil der Anrufe verteilen, und zwar werden für eine solche Anrufverteilung die Anschlüsse herausgesucht, die sehr regen Verkehr haben[24]). Ob der selbsttätigen Verteilung aller Anrufe oder der Anrufe einer bestimmten Zahl von Anschlüssen der Vorzug zu geben ist, ist noch nicht entschieden und wird erst durch die praktischen Versuche und die sich hierbei ergebenden wirtschaftlichen und technischen Vor- oder Nachteile der einen oder anderen Art klargestellt werden.

Durch seinen zweiten Vorschlag will Slingo erreichen, daß die Zahl der falschen Nummern verringert und damit die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit des Betriebes erhöht werden.

Sobald nach einem Amt mehrere Dienstleitungen vorhanden sind, eine A-Beamtin also mehrere B-Beamtinnen erreichen kann, sollen durch die selbsttätige Auswahl der abgehenden Dienstleitungen die Schwierigkeiten vermieden werden, die sich während reger Verkehrszeit durch zu starke Belastung der Dienstleitung (Durcheinandersprechen usw.) ergeben. Außerdem soll der A-Beamtin das Aussuchen einer freien Dienstleitung erleichtert werden. Slingo beschreibt im Anschluß an seine Erörterungen die Apparate und Schaltungen für die selbsttätige Verteilung der abgehenden Dienstleitungen, wie sie bei dem Central Exchange in London verwendet werden.

Im Gebiete der Deutschen Reichstelegraphenverwaltung sind Einrichtungen zur selbsttätigen Verteilung von Anrufen, z. B. im Meldeverkehr, zur selbsttätigen Verteilung von Anrufen und zur Auswahl von freien Dienstleitungen oder freien B-Beamtinnen oder freien Verbindungsschnüren an den B-Plätzen schon seit längerer Zeit im Betriebe oder im Versuchszustande.

2. Selbsttätige Einrichtungen. Auf dem Gebiete des Selbstanschlußwesens sind im letzten Jahre wesentliche Fortschritte zu verzeichnen. In Deutschland,

England, Italien, Frankreich, Österreich, Holland, Amerika, Australien sind selbsttätige und halbselbsttätige Fernsprechvermittlungsstellen gebaut oder in größerem Umfange geplant[25]). Im Gebiete der Deutschen Reichstelegraphenverwaltung haben mehrere kleine Landorte selbsttätige Einrichtungen bis zu 100 Hauptanschlüssen erhalten. Die größte halbselbsttätige Einrichtung der Welt, das Amt in Dresden, ist in Betrieb genommen, ferner die halbselbsttätige Einrichtung des Amtes Liegnitz und mehrerer Hilfsämter in Leipzig.

Während bei den früheren selbsttätigen Amtseinrichtungen die zur Betätigung der Wähler erforderlichen Stromstöße über geerdete Leitungen gesandt wurden und daher alle Sprechstellen mit Betriebserden ausgerüstet werden mußten, sind die halbselbsttätigen Einrichtungen in Liegnitz und Leipzig nach dem Schleifensystem ausgeführt worden. Nach dem Ausbau dieser Einrichtungen zum vollselbsttätigen Betriebe erhalten die Sprechstellen außer den Hauptanschlüssen, an die Nebenanschlüsse herangeführt sind, keine Betriebserden mehr. Die vollselbsttätigen Einrichtungen für kleine Vermittelungsstellen sind jetzt bereits nach dem Schleifensystem gebaut. Bei diesem System sind die Steuerschalter durch Relaisanordnungen ersetzt, die Stromstöße zum Einstellen der Wähler werden durch Unterbrechen der a-Leitung gegeben, wobei zwischen dem II. Vorwähler und I. Gruppenwähler ein Relaissatz als Stromstoßübertrager eingeschaltet ist.

Kruckow[26]) beschreibt kurz die technische Einrichtung der halbselbsttätigen Vermittelungsstelle in Posen und berichtet eingehend über die Betriebsergebnisse. Als Durchschnittsleistungsmaß einer Beamtin sind 450 Anrufe in der Stunde zugrunde gelegt; diese Leistung kann für kürzere Zeit (Hauptverkehrsstunde) auf 500 Verbindungen in der Stunde gesteigert werden.

Unter Hinweis auf die Grundzüge der vollselbsttätigen und halbselbsttätigen Systeme der Western Electric Co., von E. Land und der Firma Siemens & Halske hat Grabe[27]) das halbselbsttätige Fernsprechvermittelungssystem der Firma Siemens & Halske, das in Amsterdam, Posen, Dresden, Leipzig, Liegnitz verwendet worden ist, eingehend beschrieben. Grabe teilt die Entwicklung dieses Systems mit und legt sein Anwendungsgebiet und die allgemeinen Betriebsergebnisse dar.

3. Fernamtseinrichtungen. Zur wirtschaftlichen Ausnutzung der Fernleitungen[28]) wird neben einer guten Schulung des Bedienungspersonals und zweckmäßigem Ausbau der Betriebsvorschriften, richtiger Besetzung der Leitungen namentlich von zwei Maßnahmen Gebrauch gemacht. Wo sich mit den bekannten technischen Hilfsmitteln aus vorhandenen Fernleitungen Viererleitungen bilden lassen, geht man planmäßig hiermit vor. Der Summermeldebetrieb[29]) wird überall da eingeführt, wo sich Vorteile hieraus ergeben.

Für die Einrichtung von Viererleitungen und von Fernsprechleitungen, die gleichzeitig zum Telegraphieren benutzt werden, ersetzt man die bisher verwendeten Abzweigspulen und Simultanspulen durch Ringübertrager. Die Vorzüge dieser Ringübertrager und der dadurch bedingten Schaltungen gegenüber den bisherigen Spulen und die Einrichtungen zur Prüfung der Viererleitungen hat Pinkert[30]) ausführlich beschrieben.

Bei ihren Untersuchungen über den Einfluß der Verlegung der Mikrophonspeisung vom Fernamt nach dem Ortsamt kommen Ebeling und Thürmel[31]) zu dem Ergebnis, daß durch die Verlegung der den Teilnehmerapparat speisenden Zentralbatterie vom Fernamt nach dem Ortsamt, namentlich bei langen Verbindungsleitungen zwischen dem Orts- und Fernamt, die Lautstärke verbessert wird. Es sei darauf hingewiesen, daß bei allen neueren Fernamtseinrichtungen der Deutschen Reichstelegraphenverwaltung mit Fernschränken ZB 10 die Teilnehmersprechstellen vom Vorschalteplatz, also vom Ortsamt aus, mit Mikrophonspeisestrom versorgt werden.

In Amerika sind besondere Einrichtungen für den Fernverkehr[32]) getroffen, die es ermöglichen, daß ohne Mitwirkung einer Fernbeamtin Verbindungen unmittelbar von dem einen Ortsamt nach dem fernen Amt ausgeführt werden

können. Wenn besonders angebrachte Hilfsklinken gestöpselt werden, ist die A-Beamtin des einen Amtes unmittelbar über die Fernleitung mit einer B-Beamtin des anderen Amtes verbunden und kann den gewünschten Teilnehmer durch diese B-Beamtin verbinden lassen. Diese Fernleitung erscheint im Fernamte durch Aufglühen einer Besetztlampe als besetzt.

Auf dem Gebiete der Fernsprechverstärker oder Fernsprechrelais sind wesentliche Fortschritte gemacht. Besonders erfolgreich war die Erfindung der Österreicher v. Lieben, Reisz und Strauß, deren Verfahren zur Verstärkung elektrischer Ströme eine besondere Entladungsröhre anwendet. Unter Hinweis auf die verschiedensten Fernsprechverstärker von Shreeve, Brown, Taylor usw. berichten Höpfner[33]) und Reisz[34]) über die bisherige Entwicklung des Liebenschen Verstärkers, die für die Versuche eingerichteten Schaltungen und Apparate und die Wirkung des Verstärkers. Es sei nur erwähnt, daß der Liebensche Verstärker schwache Wechselströme im Verhältnis von 1 zu 30 verstärkt und den Dämpfungsexponenten der Leitung, in die er eingeschaltet wird, um $\beta l = 3{,}4$ scheinbar vermindert. Unvollkommen ist noch die Wechselschaltung, eine betriebsmäßige Schaltung des Verstärkers, die den wechselseitigen Sprechverkehr zuläßt. Von der Lösung dieser Aufgabe wird eine betriebsmäßige praktische Verwendung des Verstärkers im wesentlichen abhängen.

Über elektromagnetisch gesteuerte Untersuchungseinrichtungen in Fernleitungen, über die Breisig bereits 1905 und 1906 namentlich hinsichtlich der zu verwendenden Relais und ihrer Anordnung eingehende Versuche angestellt hat, über die technischen und wirtschaftlichen Vorteile dieser Einrichtungen bei der Eingrenzung von Störungen und über ihren Einfluß auf die Ausnutzung der Fernleitungen hat Bergener[35]) ausführlich berichtet. Auch Hartz[36]) beschreibt diese Relaisuntersuchungsstellen in Fernleitungen und macht den Vorschlag, zur Einschränkung der Zahl der Steuerleitungen, die die Relais betätigen, selbsttätige Einrichtungen, also Wähler, zu verwenden.

[1]) Zentrbl. f. d. Dtsch. Reich 1913, S 172, 180. — [2]) Beckmann, Telephon- u. Signalanlagen S 269. — [3]) Telephony Bd 64, Nr. 12 u. 13. — [4]) Freimark, ETZ 1913, S 58. — [5]) Z. f. Schwachstromtechnik 1913, S 144. — [6]) Z. f. Schwachstromt. 1913, S 19, 44. — [7]) Dohmen, Betriebsvorschriften für den Ortsfernsprechdienst. Tel.- u. Fernsprechtechnik, 1. Jahrg., S 202. — [8]) Dohmen, Überwachung des Ortsfernsprechdienstes. Tel. u. Fernspr.-Technik, 2. Jahrg., S 97. — [9]) Hartz, Messungen der Leistungen im Fernsprech-Vermittelungsdienst. T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 37. — [10]) Spiecker, Die Abhängigkeit des erfolgreichen Fernsprechanrufes von der Anzahl der Verbindungsorgane. — [11]) Christensen, Über die Wähleranzahl in automatischen Fernsprechämt. ETZ 1913, S 1314. — [12]) Mix & Genest, Janus-Parallelschaltung, ETZ 1913, S 531; Beckmann, Telephon- u. Signalanlag. S 197—198; Nebenstellenanlagen nach dem Parallelsystem von C. Lorenz, A. G., ETZ 1913, S 275. — [13]) Siemens & Halske, A.-G., Nachricht Nr. 17, 1912. — [14]) Ausbreitung der Selbstanschlußsysteme der Firma Siemens & Halske. ETZ 1913, Heft 46, S XXII; Telephony Bd 64, Nr. 7, S 54. — [15]) Siemens & Halske, Mitteilungen 1913, Heft 5. — [16]) Schotte, Die Versorgung der Nebenstellenanlagen mit Batteriestrom. T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 13. — [17]) Telephone Engineer Bd 9, Nr. 5, S 237. — [18]) Buttler, Technische Einrichtung und Betrieb der neuen Fernsprechvermitt. Wilhelm in Charlottenburg. ETZ 1913, S 736, 769. — [19]) Hartz, Nachtverbindungen für ZB-Anschlüsse. T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 124. — [20]) Telephone Engineer Bd 9, Nr. 3, S 149. — [21]) Anson, Ersparnis in Anlage und Betrieb von Telephonämtern. Auszug aus Electricity. Z. f. Schwachstrom. 1913, S 645. — [22]) Baumann, Das SS-System für mittlere u. große Telephonanlagen usw. Z. f. Schwachstrom. 1913, S 4, 32, 372, 483. — [23]) Slingo, Die Anwendung mechanischer Vorrichtungen z. Verbesserung des Handbetriebes von Telephonämtern. Journal of the Instit. of Electr. Engineers Bd 51, S 719. — [24]) Stromberg-Carlson Comp., Telephony Bd 64, S 57. — [25]) Telephony Bd 64, S 21, 48, 70; Electrician (Ldn.) Bd 70, S 1039; Z. f. Schwachstrom. 1913, S 535; ETZ 1913, S 507, 534, 565, 1402. — [26]) Kruckow, Betriebserfahrungen bei der halbselbstt. Fernsprechvermittelungsstelle in Posen; T. u. F.-Technik 2. Jahrg., S 1. — [27]) Grabe, Das halb-

automatische Fernsprechvermittelungssystem von Siemens & Halske; ETZ 1913, S 353. — [28]) Krieter, Wirtschaftliche Ausnutzung der Fernsprechverbindungs-Doppelltg.; T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 78. — [29]) Krieter, Summermeldebetrieb oder Dienstsprechltg. im Fernverkehr; T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 89; Anordnung der Apparate für den Summermeldebetrieb; T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 121. — [30]) Pinkert, Störungserscheinungen im Doppelsprechbetriebe und ihre Beseitigung; T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 193, 207, 220, 230. — [31]) Ebeling u. Thürmel, Über den Einfluß der Verlegung der Mikrophonspeisung vom Fernamt nach dem Ortsamt. T. u. F.-Technik 2. Jahrg., S 73, 86. — [32]) Telephony Bd 64, S 23; Bd 65, S 40. — [33]) Höpfner, Fernsprechverstärker; T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 181, 199, 210. — [34]) Reisz, Neues Verfahren zur Verstärkung elektr. Ströme; ETZ 1913, S 1359. — [35]) Bergener, Elektromagnet. gesteuerte Untersuchungseinricht. in Fernsprechltg.; Archiv f. P. u. T. 1913, S 321. — [36]) Hartz, Relais-Untersuchungsstellen in Fernleitg.; T. u. F.-Technik, 2. Jahrg., S 85.

XII. Elektrisches Signalwesen, elektrische Meß- und Registrierapparate und Uhren.

Eisenbahnsignale. Von Oberingenieur Ludw. Kohlfürst, Kaplitz (Südböhmen). — Seesignale. Von Oberingenieur C. Beckmann, Berlin. — Signale im Sicherheitsdienst. Von Oberingenieur C. Beckmann, Berlin. — Haustelegraphen, elektrische Uhren, Fernmeß-, und Meldeapparate. Von Oberingenieur C. Beckmann. — Hilfsapparate, Wecker, Leitungen. Von Oberingenieur C. Beckmann, Berlin.

Eisenbahnsignale.

Von Oberingenieur Ludw. Kohlfürst.

Zug- und Streckensignale. Vielfach ist man bestrebt, Vorrichtungen, welche das Überfahren der Haltsignale verhüten sollen, entweder, sofern sie sich bereits bewährt haben, grundsätzlich einzuführen oder mit neuen Signalmitteln dieser Art Versuche anzustellen. So hat die Paris — Lyon — Mittelmeerbahn[1]), dem steten Drängen des Arbeitsministers nachkommend, auf 400 km ihrer doppelgleisigen Strecken 268 Hauptsignale und 140 Lokomotiven mit einer elektrischen Einrichtung versehen, welche beim Streckensignal aus einem beweglichen Daumen besteht, der im Gleismittel eingebaut und auf elektrischem Wege emporgehoben ist, solange das zugehörige Hauptsignal die Haltlage einnimmt. Wird der Daumen überfahren, so löst er auf der Lokomotive eine elektrische Schrillpfeife aus. Auf der Strecke Nürnberg—Gräfenberg wurden im Sommer 1913 unter behördlicher Aufsicht Proben mit einer von Christoph Wirth angegebenen Fernbremse[2]) vorgenommen, welche in ähnlicher Weise auf der Grundsätzen der drahtlosen Telegraphie aufgebaut ist, wie verwandte Vorrichtungen, die bereits vor einigen Jahren mit Lorenzschen Apparaten auf den Preuß. Staatsbahnen (Direktionsbezirk Stettin) und heuer auch auf englischen Bahnen[3]) und u. a. durch v. Kramer auf der South Western-Railway versucht worden sind. Ein Wagen jedes Zuges trägt eine Empfangsantenne; als Senderantenne kann jede neben der Bahnlinie laufende Telegraphen- oder Fernsprechleitung benutzt werden, wobei sich unschwer Vorrichtungen treffen lassen, welche das Auftreten von Störungen verhindern. Dem Lokomotivführer kann auf diesem Wege ein Licht- oder ein Glockensignal gegeben oder auch die Zugbremse unmittelbar in Tätigkeit gesetzt werden. Die signal- oder bremsenauslösenden Ströme können von jeder der längs der Bahn in angemessenen Abständen errichteten, äußerst einfachen Sendestellen aus sowohl mit der Hand oder selbsttätig durch die Bewegung des Streckensignals wirksam gemacht werden. Bei der New York—New Haven and Hartford-Eisenbahn, welche 1912 einen am 1. Juli 1913 fälligen Preis von 4000 M für die beste Einrichtung zum Verhüten des Überfahrens von Haltsignalen[4]) ausgeschrieben hatte, sind nicht weniger als 2816 Bewerbungen eingelaufen, von denen jedoch keine einzige allen Bedingungen des Wettbewerbes entsprach. Doch hat die Bahn zwei der angebotenen Vorrichtungen in Versuch genommen, nämlich eine elektrische der Internatio-

nal Signal Co. und eine ebensolche der Union Switch and Signal Co., wofür einerseits die Strecke Hartford—Newington, anderseits die Lackawannabahn eingerichtet worden ist. Auch der vom Blockausschuß der „American Electric Railway Engineering Association, Transportation and Trafic Association" erstattete dritte Bericht[5]) widmet den in Amerika zurzeit gebräuchlichen selbsttätigen Anhaltevorrichtungen eine zehn Seiten lange Betrachtung und hebt die Anordnungen der Union Switch and Signal Co. of Swissvale, Jones, Federal Signal Co., Safety Block-Signal Co. of Atlantic City, nat. Signal Co., Gollos, Lacroix, Cab-Signal Co., Miller, Wilson und Paterson als besonders verbreitet hervor. Dieser Bericht empfiehlt in Ergänzung der schon 1911 und 1912 aufgestellten Standards[6]) für Lichtsignale am Führerstand rot für Halt, grün für Frei; als Rückmeldung des „Contactors" gelb als zweites Licht. Wo etwa besonders dichten Verkehrs wegen außer Frei und Halt noch das Signal „Frei; beim nächsten Signal jedoch anhalten" erforderlich würde, ist dafür gelbes Licht zu benutzen. Für alle Fälle sollte das Signal Halt schon am nächstfrüheren Signalposten durch ein Vorsignal mit weißem Licht angekündigt werden.

Auf der Pennsylvania-Eisenbahn sind seit 1912 eigentümliche Signallampen[7]) in Versuch genommen worden, durch welche dem Übelstand begegnet werden soll, daß beim außergewöhnlichen, plötzlichen Durchbrennen der Glühlampen in der Regel ein Ersatz erst mit einem mehr oder minder großen. unter Umständen gefährlichen Zeitverlust verbunden ist. In der Signallaterne sind statt einer ihrer vier übers Kreuz gestellte, auf einer Drehscheibe hängende Glühlampen vorhanden, von denen nur die im Brennpunkt des Laternenspiegels befindliche brennt. Verlöscht sie während des Betriebes, dann schiebt der Anker eines mit ihr zusammengeschalteten Relais mit einer Klaue die Lampenscheibe um eine Vierteldrehung weiter, so daß die schadhaft gewordene Lampe zur Seite gerückt und die Nachbarlampe an ihre Stelle gebracht wird, wobei sich unter einem die regelrechte Schaltung wieder von selbst herstellt. Es können sonach drei Lampen schadlos durchbrennen, was aller Wahrscheinlichkeit nie in so kurzer Zeit erfolgen wird, daß inzwischen der Ersatz nicht schon durch den Signalwärter regelrecht durchgeführt worden wäre.

Blocksignale. Die Mannigfaltigkeit der Bauweisen ist bei den amerikanischen Blocksignalen und namentlich bei den selbsttätigen Anordnungen für Bahnen aller Betriebsformen und Verkehrsdichten noch immer in Zunahme begriffen, weshalb die Aufgabe der verschiedenen Ausschüsse bedeutender Eisenbahnfachvereine, insoweit sie auch darin bestehen soll, eine gewisse Einheitlichkeit in den Ausführungen anzubahnen, sich fortwährend schwieriger gestaltet und ihrer Lösung zurzeit aussichtsloser gegenübersteht, als noch vor wenigen Jahren. Nach den Ausweisen der sechs größten amerikanischen Signalbauanstalten[8]) haben dieselben vom 1. Juli 1912 bis 1. Juni 1913 — die Apparatsätze der Wagen mitgerechnet — im ganzen 1450 Blocksignalwerke erstellt. Die elektrischen Vorort- und Kleinbahnen beziffern die Vermehrung ihrer Blocksignalanlagen für denselben Zeitraum mit 450 km, wovon 92 km mit Gleisstromkreisen, 286 km mit Trolleykontakten und 72 km mit Streckenkontakten, nach Simmen, betrieben werden. Außer diesem letztgenannten Dispatcher-System[9]) haben sich auch die verwandten, nur mittels Fernsprechers, ohne Zugbilder arbeitenden Einrichtungen in Amerika fortschreitend vermehrt und bei den selbsttätigen, mit Gleisstromkreisen betriebenen Blocksignalen macht daselbst sowohl für mehrgleisige[10]) als für eingleisige[11]) Bahnen die Verwendung von Wechselströmen bemerkbare Fortschritte. Eine besonders wichtige Neuerung findet sich in den eingleisigen New Yorker Rohrbahnstrecken der Pennsylvaniabahn, wo die zum Teil rein elektrischen, hauptsächlich jedoch elektrisch-pneumatisch betriebenen, selbsttätigen Blocksignaleinrichtungen des bekannten Systems der Union Switch and Signal Co. (Swiss Val, Pennsylvanien), obwohl diese Anlagen im allgemeinen nur fürs Rechtsfahren vorgesehen sind, erforderlichen-

falls auch für die entgegengesetzte Fahrrichtung ausgenutzt werden können. Die Anpassung der Signale[12]) für eine längere oder kürzere Abänderung der Richtung des Zugverkehrs kann der am Ausgang der Rohrbahnstrecke postierte Fahrdienstleiter durch einfaches Umlegen gewisser, sonst streng verschlossener Stellwerkshebel bewerkstelligen. Die Möglichkeit eines solchen Wechsels besitzt natürlich für die Aufrechterhaltung des glatten Verkehrs in jenen Fällen den höchsten Wert, wo etwa die eine oder die andere Rohrbahnstrecke behufs Ausbesserungsarbeiten oder anderer Gründe wegen außer Betrieb gesetzt und durch eine andere Rohrbahnstrecke vorläufig ersetzt werden soll. Die am 5. April 1911 im Washingtoner Repräsentantenhaus durch Esch eingebrachte Bill, mit welcher die Einführung von Blocksignalen staatlich geregelt werden sollte, ist zwar auch 1913 noch nicht Gesetz geworden, doch darf die Zugsicherungsform an sich kraft der öffentlichen Meinung und des scharfen Einsetzens der Tagespresse schon seit Jahren als grundsätzlich angenommen gelten. Zurzeit würde in Amerika eine Bahn nennenswerterer Bedeutung ohne elektrisch selbsttätige Blocksignale kaum mehr möglich sein, und selbst die bescheidensten Neben- und Kleinbahnen halten es dem Publikum gegenüber für unerläßlich, auf solche Sicherungsanlagen ihrer Linien hinweisen zu können. Es sucht denn auch jede einzelne Bahn ihre einschlägigen Einrichtungen tunlichst bekannt zu machen, und gleiches geschieht auch seitens der Erzeugungsstellen, sobald sie neue Anlagen erstellt haben; daraus erklären sich auch die letztjährigen überaus reichlichen Veröffentlichungen, welche sich in den amerikanischen Fachblättern über elektrische Blocksignale vorfinden.[13])

Was England anbelangt, so sind daselbst die Versuche bemerkenswert, welche auf einer eingleisigen Dampfeisenbahn bei Watchet mit einem von A. R. Angus[14]) angegebenen Einrichtung vorgenommen werden. Es ist dies ein elektrisches Blocksignal, bei dem die Zeichen für Gefahr lediglich auf der Lokomotive und ohne Beihilfe von Streckensignalen erfolgen. Wenn die Lokomotive in einen Blockabschnitt einfährt, wird durch die Berührung einer Kontaktschiene ein Stromschluß und hierdurch das Umlegen einer Relaiszunge bewirkt, welch letztere zufolge eines ähnlichen Vorganges bei der Zugausfahrt wieder in die Normallage zurückgelangt. Ist der Blockabschnitt jedoch bereits von einem andern Zuge besetzt, so erscheint auf der Lokomotive ein Lichtsignal „train on line“ als Befehl, anzuhalten. Setzt der Zug trotzdem seine Fahrt fort, so überfährt er alsbald eine zweite Kontaktschiene, wobei die Dampfpfeife ausgelöst, zugleich aber auch die Zugbremse wirksam gemacht wird. Das Westinghousesche, mit Gleisstromkreisen betriebene, selbsttätige Blocksignal, welches in der 1900 durch H. G. Brown für die Bostoner Hochbahn verbesserten Form 1902 nach England übergetreten war, findet daselbst nicht nur auf den Londoner Untergrundbahnen, sondern auch auf allen anstoßenden Linien der Great Northern-, der Brompton-, der Lancashire- und Yorkshire-Bahn usf. gleichzeitig mit der weiterschreitenden Elektrisierung stetig zunehmende Verbreitung und hat nun auch dank den eifrigen und zielbewußten Bemühungen von G. Kemmann seinen Weg auf die Berliner Hoch- und Untergrundbahn[15]) gefunden. Letztgedachte, von der englischen Firma Mc. Kencie, Holland and Westinghouse gelieferte Anlage bewährt sich vortrefflich und unterscheidet sich von den neueren amerikanischen und englischen Anordnungen derselben Bauart lediglich darin, daß für die Signal-, Weichen- und Anhaltevorrichtungantriebe keine Preßluft, sondern durchwegs nur elektrische Kraft zur Verwendung gelangt[16]). Das Vorgehen der Berliner Hoch- und Untergrundbahngesellschaft wird ohne Zweifel für die Stadtschnellbahnen Deutschlands und ganz Mitteleuropas, wo bisher gegen selbsttätige Eisenbahnsicherungen ein herb ablehnendes Mißtrauen herrschte, in das die neue Berliner Anlage nunmehr glänzend Bresche gelegt hat, von hochwichtiger fortschrittlicher Bedeutung sein. Auch die im l. J. eröffneten Zweiglinien der Pariser Metropolitain sind wieder mit elektrischen, selbsttätigen Blocksignalen des verbesserten Hallsystems ausgestattet worden.

Für eingleisige Nebenbahnen erzeugen die Neupester Werke der Vereinigten Glühlampen- und Elektrizitäts-Akt.-Gesellschaft eigenartige, äußerst einfache Blocksignale[17]), welche von den Zugführern von Haltestelle zu Haltestelle, wo überall ein Blockwerk vorhanden ist, bedient werden. Sie bekommen hierzu für jede Fahrtrichtung eine besonders gestaltete, schlüsselförmige Kurbel mit auf den Weg, durch deren Anwendung sie von jeder Haltestelle den jeweilig zurückgelegten Blockabschnitt hinter sich wieder freigeben, gleichzeitig aber auch Ströme eines Magnetinduktors entsenden, welche auf der nächstvorausliegenden Anhaltestelle das rote Scheibenzeichen für „Strecke besetzt" hervorrufen. Wäre das Gleis bereits von einem Zuge befahren, so kann diese Signalisierung nicht erfolgen, und es muß vorher die Freiwerdung der Strecke abgewartet werden.

Zugabfertigung mittels Fernsprechers. In Amerika findet diese Zugabfertigungsform sowohl auf den Hauptbahnen ohne engere Abhängigkeit von den vorhandenen Zugdeckungseinrichtungen oder auch im Anschluß an solche[18]) oder in Verbindung mit dem Dispatchersystem[19]) auf Bahnen geringerer Ordnung immer weitere Verbreitung; eine Fortentwicklung, die zu erwarten stand und naturgemäß ist. Auffällig erscheint hingegen der lebhafte Aufschwung ähnlicher Anordnungen bei englischen Bahnen, die noch vor wenigen Jahren im Fahrdienst von Fernsprechern nur in bescheidenstem Maße und ungern Gebrauch machten. Wie sich hierin die Verhältnisse geändert haben, beweist z. B. die Rhymney-Eisenbahn[20]), welche den gesamten Zugdienst eines etwa 100 km sich ausdehnenden, östlich und westlich von Cardiff liegenden Liniennetzes lediglich von diesem Knotenpunkte aus abwickelt, zu welchem Behufe alle ihre Stationen, Haltestellen, Weichen- und Signalstellereien und Wärterbuden Fernsprechanschluß zu Cardiff besitzen. Die Verwertung der Fernsprecher ist also mit einer Art Dispatcherbetrieb verquickt, wie derselbe jüngerer Zeit auch in einzelnen industriellen Netzen der Midlandbahn, der Lancashire- und Yorkshire-, der London- und Nordwest- und der Great Western-Eisenbahn eingeführt worden ist. Bei der letztgenannten Bahn wickelt sich dieser Betrieb in folgender Weise[21]) ab: In den Stellwerktürmen der großen Hauptbahnhöfe in Newport und Erismus befinden sich die Fahrdienstleitungen und als Behelfe 7 m lange, 1 m breite Tische, auf denen hintereinander mehrere Reihen mit Teilungen und Überschriften versehener, paralleler Stahlbänder kantig stehend angebracht sind, welche die Gleise des etwa 80 km umfassenden Dienstbezirkes darstellen. Auf diesen Stahlbändern werden den verkehrenden Zügen entsprechende, kleine Messingreiter aufgeklemmt, welche ihrerseits ein Zettelchen tragen, das mit der Nummer und allen anderen wichtigen Daten des dargestellten Zuges beschrieben ist. Längs der Tische sind Fernsprechsätze aufgestellt, welche mit allen in das Dienstbereich gehörenden Zwischenstationen, Anhaltepunkten, Ladestellen usw. im Anschluß stehen. Sobald ein Zug eine solche Sprechstelle erreicht, wird durch den daselbst diensttuenden Signalwärter auf der Fernsprechleitung ein Weckzeichen abgegeben oder auch erklärende Meldungen an die Zentralstelle erstattet, wo der betreffende Tischbeamte danach den Messingreiter fortrückt oder auch die Datentafel desselben ändert. Auf Grund der durch die Tischreiter gebotenen Übersicht und nach Maßgabe der Fernsprechmeldungen verfügt der Fahrdienstleiter, ebenfalls lediglich in telephonischem Wege, die Kreuzungen, das Vorfahren, das Anhalten oder Durchfahren der Züge, das Abstellen oder Anhängen von Wagen usw., kurz alles, was zur Regelung der Zugfahrten innerhalb des ganzen Dienstbezirkes fortlaufend erforderlich erscheint. Diese Einrichtung soll sich für die in Frage kommenden Sonderverhältnisse gut bewähren und namentlich durch erleichterte Ausnutzung der Lokomotiven und Wagen namhafte wirtschaftliche Vorteile erzielen lassen.

Weichenstellung. Großartig sind die Signal- und Sicherungseinrichtungen der Pennsylvania-Railroad Co. auf ihrer seit 27. November 1912 eröffneten, elektrisch betriebenen Linie, welche durch den Bergen-Hill-Tunnel, dann unter dem Hudsonstrom zur neuen, den Personenbahnhof der Innenstadt

von New York bildenden Untergrundstation gelangt und sich in vier eingleisigen, weiter oben bereits erwähnten Rohrbahnstrecken nach Manhattan erstreckt und den East River unterfährt, um im Sunyside-Bahnhof oberirdisch den Anschluß an die Long-Island-Bahn zu erreichen. Auf dieser nach Bauausführung und Betrieb allerdings ganz außergewöhnlichen, aber im ganzen kaum 13 km langen Strecke[22]) sind gemäß den Entwürfen von G. Gilbs, dem Oberingenieur des elektrischen Dienstes der Eigentumsbahn, 11 elektrische Kraftstellwerke vorhanden, mit zusammen 733 Hebeln zur Bedienung von 267 einfachen Weichen, 45 Kreuzweichen, 457 Hochsignalen, 187 Zwergsignalen, 48 standfesten Lichtsignalen und von 453 Rückmeldern; diese Riesenanlage, in der annähernd 800 km Leitungen zur Verwendung kamen, ist von der Union Switch and Signal Co. (Swiss Vale, Pennsylvanien) innerhalb 18 Monaten tadellos ausgeführt dem Betrieb übergeben worden.

Eisenbahninspektor Richard Lischke, der Erfinder eines Verfahrens zur Ausmittlung von Stromschaltungen, namentlich für Siemens & Halskesche Wechselstromblockeinrichtungen zu Stellwerksanlagen, gibt einige Beispiele seines Verfahrens unter Zuhilfenahme einer eigenen Zeichenschrift, die es ermöglicht, gegebene Schaltbedingungen durch Formeln zu lösen und danach das bildliche Schaltungsschema auszumitteln[23]). Unter andern ist eine Einrichtung[24]) bemerkenswert, welche durch Anwendung von Wiederholungssperren die Freigabe von Fahrstraßen verhindert, solange dieselben von Zügen besetzt sind und die letzteren währenddem sowohl gegen Folge- als Gegenzüge sichert. Diese Anordnung erfordert für beliebig viele Gleise nur ein Einfahrt- und ein Ausfahrtsignal für jede anschließende Strecke.

[1]) Journ. d. Transport 1913, S 492. — [2]) Z. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1913, S 1356. — [3]) El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 343; Electrician (Ldn) Bd 71. S 865. — [4]) Engin. News 1913, S 1019; Railway Age Gaz. Bd 54, S 333. — [5]) Report of the Joint Committee on Block-Signals for electric Railways-Published in advance by the Association 1913, Nr. 306—507. — [6]) Electric Traction 1913, S 723; El. Kraftbetr. 1911, S 656; 1913, S 14, 723. — [7]) Signal Engin. 1912, S 131. — [8]) El. Kraftbetr. 1913, S 725. — [9]) El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 808. — [10]) El. Jl. Bd 9, S 871. — [11]) El. Railway-Jl. Bd 40, S 497. — [12]) The Railway Gaz. 1913, S 393. — [13]) El. Jl. Bd 9, S 871; El. Traction 1913, S 283; Eng. News Bd 69, S 104, 387; Am. Machinist Bd 38, S 179; Signal Engin. Bd 5, S 407; Bd 6 S 5, 39, 73, 76, 82, 87. — [14]) Electrician (Ldn.) Bd 71, S 1044. — [15]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb. Verw. 1913, S 709 u. 837. — [16]) ETZ 1913, S 815, 1070 u. 1130. — [17]) El. Kraftbetr. 1913, S 736. — [18]) Sig. Engin. Bd 5, S 407. — [19]) Telephony Bd 64, S 23, 31, 40, 42, 46. — [20]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1913, S 776, 1369. — [21]) Railway Engin. Bd 52, S 771. — [22]) Railway Gaz. 1913, S 404. — [23]) Helios Fachz. 1912, S 593. — [24]) Helios Fachz. 1913, S 461.

Seesignale.

Von Oberingenieur C. Beckmann.

Die Titanic-Katastrophe hatte im Jahre 1912 eine Anzahl von Erfindungen gezeitigt, die die Nähe von Eisbergen durch Kontrollinstrumente u. dgl. anzeigen sollten. Die erwähnten Erfindungen haben anscheinend keine Einführung erhalten, weil sie den Anforderungen der Praxis und den tatsächlichen physikalischen Verhältnissen in der Nähe der Eisberge nicht Rechnung trugen. Neue Erfindungen auf diesem Spezialgebiete sind nicht bekannt geworden. Man ist daher vorläufig darauf angewiesen, durch einen gut organisierten internationalen Überwachungsdienst über die Bewegung der Eisberge für die Sicherheit auf dem Meere zu sorgen.

Von dem von Anschütz eingeführten Kreiselkompaß bringt die Sperry Gyroscope Co., New York, eine neue Ausführung in den Handel, welche nach Angabe der Gesellschaft eine größere Richtkraft besitzen soll[1]). Ferner sei an dieser Stelle auf eine Einrichtung zum Anzeigen von Fehlern in Kompaßfernübertragungen verwiesen[2]).

Signale im Sicherheitsdienst.

Von Oberingenieur C. Beckmann.

Feuer-Telegraphie. Die Apparate für Feuer-Telegraphie sind im Laufe der letzten Jahre infolge des Einflusses der amerikanischen Fabrikate wesentlich verbessert worden.

Es sei an dieser Stelle auf eine von der Aktiengesellschaft Mix & Genest für die Stadt Barmen ausgeführte Anlage besonders aufmerksam gemacht, bei welcher die ankommenden Signale nach einer neuen Methode auf einem vertikal laufenden Papierstreifen doppelt niedergeschrieben werden; in Störungsfällen erscheint das Signal nur einfach. Gleichzeitig mit der Niederschrift erscheint die Nummer des gezogenen Melders auf Lichttablos an mehreren Orten zugleich.

Eine Zusammenstellung der modernen Feuertelegraphie ist von W. Fellenberg[3]) in der ETZ. gegeben.

G. Mc. Johns[4]) beschreibt die Feuermelderanlage von St. Louis, E. E. Moore[5]) das sog. Knight-Alarmsystem.

Die Feuermeldeanlage der Stadt Chicago[6]) dürfte zu den größten Anlagen der Welt gehören; sie enthält etwa 2000 Melder in 44 Schleifen.

Einbruchsicherung. Die Vorrichtungen zum Verhüten von Einbrüchen haben im Laufe des letzten Jahres verschiedene Verbesserungen erfahren. Erwähnt sei die sog. Atlas-Sicherung der Aktiengesellschaft Mix & Genest[7]), bei welcher eine auf drei Spitzen gelagerte Kugel einen sehr empfindlichen Kontakt darstellt. Eine besondere Eigenschaft dieser Vorrichtung besteht darin, daß die Kugel nur auf schwache Erschütterungen anspricht, während sie durch grobe Erschütterungen — z. B. Vorbeifahren von Zügen oder Fuhrwerken — nicht ausgelöst wird. Diese Eigenschaft entspricht einem schon längst gefühlten Bedürfnis, da die Sicherungsanlagen in der Regel bei derartigen Erschütterungen unnötigen Alarm verursachen.

Gruben-Signalanlagen. Das Signalwesen für Bergwerke ist in den letzten Jahren durch die Einführung der optisch-akustischen Signalanlagen ganz erheblich verbessert worden; es wird durch diese Einrichtung eine Beschleunigung in der Förderung und eine wesentlich höhere Betriebssicherheit erzielt.

Die Einrichtung, welche von der Aktiengesellschaft Mix & Genest[8]) zuerst ausgeführt wurde, ist so getroffen, daß jedes Signal, welches von der Sohle aus gegeben wird, bei der Hängebank akustisch und gleichzeitig im Maschinenraum auf einem Tablo optisch alsLichtpunkt erscheint. Die Zahl und Abstände der Lichtpunkte entsprechen der Zahl und den Pausen der Glockenschläge; hierdurch wird der Maschinenmeister auf das kommende Signal vorbereitet.

Auch in England sind infolge strengerer gesetzlicher Vorschriften in neuerer Zeit verbesserte Signaleinrichtungen ausgeführt worden. Ein derartiges System wurde von S. F. Walker[9]) beschrieben.

Die Elektrizität findet in neuerer Zeit auch Anwendung für Tiefbohrungen[10]) sowie zur Prüfung von Förderseilen[11]).

Wasserstansfernmelder. Die Konstruktionen der Wasserstandsfernmelder sind im Laufe der Jahre so weit ausgebildet, daß verhältnismäßig selten Neuerungen erscheinen. Eine Anzahl der gebräuchlichsten Schaltungen und Konstruktionen sind in der „Anleitung zum Bau von Schwachstromanlagen“ der Aktiengesellschaft Mix & Genest[12]) und in dem vor kurzem erschienenen Werk „C. Beckmann, Telephon- und Signalanlagen“ beschrieben.[13])

Haustelegraphen, elektrische Uhren, Fernmeß- und Meldeapparate.

Von Oberingenieur C. Beckmann.

Hoteltelegraphie. In den letzten Jahren macht sich das Bestreben geltend, geräuschvolle Alarmsignale durch die geräuschlosen Lichtsignale zu ersetzen.

Die Aktiengesellschaft Mix & Genest führte die Systeme zuerst in Deutschland ein, dieselben haben in zahlreichen Hotels Anwendung gefunden.

Auch in amerikanischen Zeitschriften finden sich Beschreibungen derartiger Systeme. Auf eine von H. S. Wilson[14]) veröffentlichte Neuerung sei an dieser Stelle hingewiesen, bei welcher die Zimmernummer eines zu rufenden Gastes als leuchtende Zahl in dem der Versammlung der Gäste dienenden Räumen erscheint.

Elektrische Uhren. Die elektrischen Zeitmesser finden im praktischen Gebrauch eine immer weiter um sich greifende Verbreitung. Infolgedessen findet man eine große Zahl von Verbesserungen, von denen die wichtigsten nachstehend aufgeführt seien:

Campiche[15]) beschreibt ein neues Uhrensystem. Das Pendel, welches ein leicht gelagertes Zahnrad durch Vorschalten einmal in der Mitte dreht, erhält nach jedem Umgang dieses Rades durch einen federnden Arm einen leichten Anstoß. Lippmann[16]) veröffentlicht eine Abhandlung über einen elektrischen Zeitmesser für die Vergleichung von zwei periodischen Phänomenen. Eine allgemeine Darstellung der Vorzüge elektrischer Uhren ist in der Zeitschrift „Der Elektrotechniker“[17]) dargestellt. Es werden die verschiedenen Systeme von sympathischen Nebenuhren und die stundenweise richtiggestellten Uhren mit elektrischem Aufzug verglichen. Die Industrial Instrument Co.[18]) hat einen neuen Zeitstempel herausgebracht. Auf ein durch Uhrwerk getriebenes Papierblatt wird die Dauer und die Frequenz von Kontakten registriert, welche beim Öffnen und Schließen von Türen, Klappen, Ventilen u. dgl. betätigt werden. Die Möller-Uhr-G. m. b. H.[19]) veröffentlicht eine Lichtzahlenuhr, welche dadurch gekennzeichnet ist, daß ein jede Minute von einer Hauptuhr ausgelöster Elektromotor durch Exzenter die Minuten-Einerscheiben vorschaltet. Letztere nehmen die Zehnerscheibe und diese die Stunden sprungweise mit. Die Zeit wird in Ziffern durch Glühlampen angegeben. F. C. Brown[20]) gibt einen elektrischen Motor zur Messung kleiner Zeitintervalle an. Es handelt sich hier vorzugsweise darum, die als Zeiteinheit geltende Sekunde, die wegen ihrer Beziehung zu astronomischen Vorgängen nicht als mit der Zeit unveränderlich anzusehen ist, als Grundeinheit auszuschalten. Aus einem ballistischen Entladungsvorgang in einer Schaltung mit bekannten Widerständen wird ein Zeitunterschied bestimmt. Die Widerstände werden durch Quecksilbersäulen definiert. Da man annehmen kann, daß die Leitfähigkeit des Quecksilbers unveränderlich ist, so wird das Zeitmaß auf unveränderliche Größen zurückgeführt. Ein Zeitmesser für Küstenfahrt ist in der El. World[21]) beschrieben. C. H. Davis[22]) veröffentlicht einen Artikel über die Gehwerke von elektrischen Uhren. M. Schanzer[23]) beschreibt einen neuen elektrischen Pendelantrieb. K. Siegel[24]) hat ein elektrisches Präzisionspendel mit Kondensatorkontakt und vollkommen konstantem Antrieb erfunden. Auch die Schlagwerke elektrischer Uhren werden in neuerer Zeit elektrisch angetrieben. Im Helios[25]) ist ein derartiges Viertel- und Stundenschlagwerk zum Anschluß an elektrische Uhrenanlagen dargestellt.

Fernthermometer und Temperaturregler. Auf dem Gebiete der elektrischen Fernthermometer und Temperaturregler sind im Laufe des letzten Jahres eine ganze Reihe von Erfindungen zu verzeichnen. Die Instrumente zum Anzeigen hoher Temperaturen finden in der Praxis mehr und mehr Verbreitung. J. Schmidt[26]) gibt eine gute Übersicht über den augenblicklichen Stand der Thermometrie, insbesondere über die elektrischen Temperaturmesser und Reglerapparate in der Schweiz.

Von wichtigen Neuerungen auf diesem Gebiete sind die nachstehend erwähnten besonders hervorzuheben: R. M. Hook, selbsttätige Vorrichtung zur Regelung von Temperaturen, Druckstärken usw.[27]), G. Edelmann, ein neues Alarmthermometer[28]), R. Baridon, automatische Temperaturregler für höchste Empfindlichkeit[29]). K. Flegel, elektrisches Widerstandsthermometer für Temperaturmessungen in Tiefbohrlöchern[30]).

Geschwindigkeitsmesser. Die in den letzten Jahren außerordentlich gesteigerten Ansprüche an die Geschwindigkeit und Ausstattung der Automobile haben eine lebhafte Nachfrage nach zuverlässigen Geschwindigkeitsanzeigern für diese Fahrzeuge hervorgebracht. Verschiedene ältere Typen, welche auf dem mechanischen Prinzip beruhen, sind durch die in ihrer Konstruktion wesentlich einfacheren elektrischen Geschwindigkeitsmesser verdrängt worden. Die im Laufe des letzten Jahres herausgekommenen neuen Erfindungen beziehen sich vorzugsweise auf Verbesserungen schon bekannter Systeme, zu erwähnen sind die folgenden: Electric Speed Indicator von der Holtzer-Cabot El. Co.[31]; H. Scholler beschreibt in der Zeitschrift für Schwachstrom einen antriebslosen Geschwindigkeitsmesser für Luftschiffe u. dgl., bei denen keine kraftschlüssige Verbindung mit einer ruhenden Oberfläche, wie der Erde, möglich ist[32].

Eine ähnliche Ausführung eines Apparates zum Messen der Geschwindigkeit der Dampfschiffe oder Luftfahrzeuge ist in der Helios Exp. Z. beschrieben[33]. Ferner sind noch folgende Nebenkonstruktionen zu erwähnen: H. Gerdien, der Luftgeschwindigkeitsmesser der Siemens- & Halske-A. G.[34]. F. Berg, Geschwindigkeitsmesser für Dampfturbinen[35]. J. T. Morris, Windgeschwindigkeitsmesser[36].

Verschiedene Fernmelder und Meßapparate. Die elektrischen Meßverfahren erobern sich immer weitere Gebiete, welche bisher exakten Messungen schwer oder überhaupt nicht zugänglich waren. So beschreibt z. B. Gallander ein Verfahren, um die Tiefe von Rissen in Materialien, welche Elekrizität leiten, zu bestimmen[37]. Von Lawson und Capp ist eine thermoelektrische Anzeigevorrichtung von Zugbeanspruchungen als Prüfmethode angegeben[38]. R. H. Jeiff beschreibt eine Erfindung von Fournier d'Albe, welche das elektrische Auge des Blinden genannt wird; dieselbe besteht aus einem Kasten, der eine Wheatstonesche Brücke mit zwei Selenzellen enthält. Durch eine mit einer Irisblende versehenen Öffnung fällt Licht in den Kasten. Ein Summertelephon in der Brücke gibt einen Ton, wenn die beiden Zellen ungleich beleuchtet werden[39].

Von besonders interessierenden Neuerungen seien nachstehend noch folgende aufgeführt: B. Thieme, ein elektrischer Messer für eine Genauigkeit plus oder minus von $0{,}2\mu$[40]. J. Rautenkrantz, Der Elektrokardiograph[41]. El. World, eine neue elektrival-Wetterfahne[42]. Abraham, Neigungsmesser[43]. Elektrische Vorrichtung zur Messung der Entzündbarkeit von Kohlenstaub; der Kohlenstaub wird auf eine glühende Platinspirale geblasen, das Quarzrohr, das diese trägt, enthält im Innern ein Thermoelement, das an einem Galvanometer anzeigt, ob der Staub sich entzündet hat. Man bestimmt die Grenztemperaturen der Platinspirale, bei denen die Entzündung sicher oder gar nicht stattfindet[44]. Ferner die Herstellung von Statistiken und Abrechnungen auf maschinellem Wege[45]. Fernhygrometer, System Constanz Schmitz[46] und H. Rohmann, Nutzbarmachung der Drehungswinkel bei Meßinstrumenten[47].

Hilfsapparate, Wecker, Leitungen.

Von Oberingenieur C. Beckmann.

Wecker. Die elektrische Signalglocke, von welcher bereits unzählige verschiedene Konstruktionen existieren, erfreut sich andauernd der Aufmerksamkeit der Konstrukteure und Erfinder.

Bei einem von Gustav Wolff[48] erfundenen Wecker bewegt sich der Eisenkern frei in der feststehenden Spule. Der Kern dient gleichzeitig als Glockenklöppel; als besonderer Vorzug wird geringes Gewicht angegeben. Diese Konstruktion dürfte aber die Lautstärke und Betriebssicherheit der bekannten Typen nicht erreichen.

Von O. Böttcher[49] wird eine Weck- und Beleuchtungseinrichtung angegeben, bei welcher ein Apparat, der Rasselwecker, Glühlampe, Trockenelement

und Abstellschalter enthält, mit einer gewöhnlichen Weckuhr durch Schnur und Kontakt verbunden ist.

Durch eine neue Schaltungsart für Alarmstromkreise[50]) ist es möglich, den Wecker bei Türsignalen abzustellen, jedoch so, daß er ein nochmaliges Öffnen der Tür wieder anzeigt. Gleichzeitig wird ein Kontrollsignal betätigt, ob die Tür nach dem Abstellen geschlossen ist. Von Schwarze[51]), Chicago, ist ein neuer Wechselstromwecker und Summer angegeben. Von G. Reed[52]), Chicago, wird eine Vorrichtung beschrieben zur Änderung des Tönens einer Glocke.

Neben der elektrischen Klingel finden die elektrischen Signalhupen neuerdings mehr und mehr Verbreitung.

Ein neuer Typ, welcher sich durch besonders reine Klangfarbe auszeichnet, ist von der Aktiengesellschaft Mix & Genest[53]) herausgebracht. Der Elektromagnet bildet mit dem Selbstunterbrecher und der Membran ein schwingendes System.

Von anderen Erfindungen auf dem Gebiete der Signalhupen sei eine in der ETZ beschriebene Hupe erwähnt, welche durch ein Zahnrad, das eine Stahlplatte in schnelle Schwingungen versetzt, angetrieben wird, sowie eine elektrische Hupe für Automobile[54]).

Leitungen. Auf dem Gebiete der Schwachstrominstallationsmaterialien sind im letzten Jahre verschiedene Verbesserungen eingeführt worden. Das Bestreben geht dahin, auch auf dem Gebiete des Schwachstroms mehr und mehr Porzellan und ähnliche Isoliermaterialien einzuführen[55]).

[1]) Sperry Gyroscop Co., Helios Exportz. 1912, S 2157. — [2]) Helios Exportz. 1913, S 377. — [3]) Fellenberg, ETZ 1913, S 993, 1028. — [4]) G. Mc. D. Johns, El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 618. — [5]) E. E. Moore, Il. Inst. El. Eng. Bd 50, S 733. — [6]) El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 1022. — [7]) Akt.-Ges. Mix & Genest, Anleitung z. Bau von Schwachstromanlagen 7. Aufl., S 452. — [8]) ebenda S 466. — [9]) Walker, El. World Bd 61, S 150. — [10]) El. Anz. 1913, S 1221. — [11]) Helios Exportz. 1913, S 3934. — [12]) Akt.-Ges. Mix & Genest, Anleitung z. Bau v. Schwachstromanlagen 7. Aufl. S 421. — [13]) Beckmann, Telephon- und Signalanlagen S 238. — [14]) H. G. Wilson, El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 595. — [15]) Campiche, Elektroindustrie 1913, S 66. — [16]) G. Lippmann, Ann. Chim. Phys. Ser. 8, Bd 28 ,S 369. — [17]) Der Elektrotechniker 1913, S 31. — [18]) Industrial Instrument Co. El. World Bd 60, S 1115. — [19]) Möller, G. m. b. H., Helios Exportz. 1912, S 2610. — [20]) F. C. Brown, El. Masch.-Bau 1912, S 882. — [21]) El. World Bd 62, S 1128. — [22]) C. H. Davis, El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 608. — [23]) M. Schanzer, El. Masch.-Bau 1913, S 788. — [24]) K. Siegel, ETZ 1913, S 1399. — [25]) Helios Exportz. 1913, S 2754. — [26]) J. Schmidt, Schweiz. El. Z. 1912, S 445. — [27]) R. M. Hook, Electrician (Ldn.) Bd 76, S 103. — [28]) G. Edelmann, Der Elektrotechniker 1913, S 147. — [29]) R. Barridon, Revue A. T. 19, 217, S 34. — [30]) R. Flegel, El. Masch.-Bau 1913, S 1101. — [31]) Holzer Cabot El. Co., El. Rev. (Chic.) Bd 61, S 948. — [32]) H. Scholler, Zschr. Schwachstrom 1913, S 564. — [33]) Helios-Exportz. 1913, S 1486. — [34]) H. Gardien, El. Masch.-Bau 1912, S 893. — [35]) F. Berg, El. Masch.-Bau 1912, S 2089. — [36]) J. T. Morries, Aero Bd 6, S 361. — [37]) Gallander, El. Masch.-Bau 1912, S1097. — [38]) Lawson & Capp, El. Masch.-Bau 1912, S 1007. — [39]) H. J. Reiff, Schweiz. El. Anz. 1912, S 191. — [40]) B. Thieme, Z. Instr.-Kde. 1912, S 322. — [41]) J. Rautenkrantz, El. Masch.-Bau 1913, S 847. — [42]) El. World Bd 62, S 34. — [43]) Abraham, El. Masch.Bau 1913, S 770. — [44]) El. Anz. 1913, S 642. — [45]) El. Kraftbetr. 1913, S 472. — [46]) Constanz Schmidt, Mitt. S. & H. I. Jahrg., S 31. — [47]) H. Rohmann, El. Masch.-Bau 1913, S 705. — [48]) Wolff, Helios Exportz. 1912, S 2257. — [49]) O. Böttcher, Der Elektrotechniker 1913, S 59. — [50]) El. Anz. 1913, S 438. — [51]) Schwarze, El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 463. — [52]) G. Reed, El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 404. — [53]) Akt.-Ges. Mix & Genest, Anleitung z. Bau von Schwachstromanlagen 7. Aufl., S 450. — [54]) Mitt. S. & H. I. Jahrg., S 45. — [55]) El. Anz. 1913, S 412.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

XIII. Elektrische Meßkunde.

Einheiten, Normalmaße. Von Ingenieur Konr. Gruhn, Frankfurt a. M. — Messung von Strom, Spannung und Leistung, Phase und Frequenz, Meßverfahren und Meßinstrumente. Von Ingenieur Konr. Gruhn, Frankfurt a. M. — Elektrizitätszähler. Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger, Nürnberg. — Messung des Widerstandes, der Kapazität, der Induktivität. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe.

Einheiten, Normalmaße.

Von Ingenieur Konr. Gruhn.

Mit Recht sagt Orlich[1]) in der Festnummer der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau", daß ein gut Teil der großen Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrotechnik dem Umstande zu danken sei, daß man vom bloßen Probieren, wo immer möglich, zum exakten Rechnen übergegangen ist, und so findet auch das Jahr 1913 manche Neuerung und eine Reihe von Fortschritten speziell auf dem Gebiete der elektrotechnischen Meßkunde.

Formelzeichen. Der Ausschuß für Einheiten und Formelzeichen (AEF) hat eine rege Tätigkeit entfaltet. Eine Reihe von Vorschlägen ist bereits angenommen worden, auch von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC). Eine Zusammenstellung des erreichten Zieles und eine Besprechung weiterer Vorschläge bringt K. Strecker nach Abschluß des Jahres[2]). In einer Tabelle sind die bereits angenommenen Formelzeichen aufgeführt. Die gleichzeitig von der IEC angenommenen Zeichen sind durch Sterne markiert, während die übrigen in der IEC noch nicht zur Besprechung gelangten.

Formelzeichen des AEF.

Größe	Zeichen	Größe	Zeichen
*Länge	l	*Wirkungsgrad	η
*Masse	m	Druck (Druckkraft durch Fläche)	p
*Zeit	t	Elastizitätsmodul	E
Halbmesser	r	*Temperatur, absolute	T
Durchmesser	d	* „ vom Eispunkt aus	t
Wellenlänge	λ	Wärmemenge	Q
Körperinhalt, Volumen	V	Spezifische Wärme	c
*Winkel, Bogen	$\alpha, \beta, \ldots$	Spezifische Wärme bei konstantem Druck	c_p
*Voreilwinkel, Phasenverschiebung	φ	Spezifische Wärme bei konstantem Volumen	c_v
Geschwindigkeit	v	Wärmeausdehnungskoeffizient	α
*Fallbeschleunigung	g	*Magnetisierungsstärke	$\mathfrak{J}$
Winkelgeschwindigkeit	ω	*Stärke des magnetischen Feldes	$\mathfrak{H}$
*Umlaufzahl, Drehzahl (Zahl d. Umdrehungen in der Zeiteinheit)	n		



*Magnetische Dichte (Induktion) . . $\mathfrak{B}$
*Magnetische Durchlässigkeit (Permeabilität) . . . . μ
*Magnetische Aufnahmefähigkeit (Suszeptibilität) . . . . $\varkappa$
*Elektromotorische Kraft . . . . . E
*Elektrizitätsmenge . . . . Q
*Induktivität (Selbstinduktionskoeffizient) L
*Elektrische Kapazität C

Eine weitere Liste B des AEF ist zurzeit noch Vorschlag. Ein wichtiges Zeichen dieser Liste, dasjenige für die elektrische und mechanische Arbeit: A ist nunmehr auch von der IEC angenommen, während über das Zeichen R für die Gaskonstante und das Zeichen N für die Leistung eine Einigung noch nicht erzielt wurde. Eine Anzahl von der IEC festgesetzte Zeichen wird der AEF in in nächster Zeit in einer Liste C veröffentlichen.

Einheitszeichen. Die neueste Fassung des Entwurfes des AEF unterliegt noch der Beratung. Eine Anzahl dieser Zeichen ist schon im September vorigen Jahres von der IEC angenommen worden. Der AEF wird voraussichtlich in demselben Sinne beschließen. Der AEF hat außerdem unter dem Zeichen S als Einheit des Leitwertes: das Siemens festgesetzt. Das Kilowatt (kW) als Leistungseinheit auch für mechanische Leistung war bereits früher angenommen worden; es soll nach einem Beschluß des Verbandes Deutscher Elektrotechniker vom 1. Januar 1914 ab allgemein verwendet werden.

Normalwiderstände. Nach dem Tätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[3]) tauschten das Bureau of Standards in Washington und die Reichsanstalt mit den entsprechenden englischen und französischen Instituten Normalwiderstände aus, die untereinander verglichen wurden, wobei die verschiedenen Meßresultate eine so gute Übereinstimmung zeigten, daß hieraus ein Rückschluß auf die Unveränderlichkeit und Übereinstimmung der Widerstandseinheiten der vier in Betracht kommenden Länder gezogen werden kann. Zu ähnlichen Resultaten kommt auch das National Physical Laboratory[4]).

Voltameter. Die Versuche des Bureau of Standards[5]) über das Silbervoltameter wurden fortgesetzt und ergaben einen Unterschied zwischen dem Silberniederschlag in großen und kleinen Tiegeln (als Volumeneffekt bezeichnet). Aus den zuverlässigsten Messungen (mit kleinen Tiegeln) wurde der Wert 1,018 275 V für das Westonsche Normalelement bei 20° C abgeleitet.

[1]) Orlich, El. Masch.-Bau 1913 Festnummer, S 46. — [2]) ETZ 1914, S 18. — [3]) ETZ 1913, S 825. — [4]) ETZ 1913, S 1486. — [5]) ETZ 1913, S 1168.

Messung von Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz.

Von Ingenieur Konr. Gruhn.

Laboratoriumsinstrumente. Gerlach[1]) beschreibt ein neues Instrument zur Messung schwacher Wechselströme: zwei dünne, parallel liegende Platinstreifen werden von dem zu messenden Strome durchflossen. Zwischen ihnen liegen, durch Luft isoliert, die temperaturempfindlichen Lötstellen einer Thermosäule, deren Enden zu einem Galvanometer führen. Der Apparat wird mit Gleichstrom geeicht, sein Widerstand ist gering: 1 Ω bei Hintereinanderschaltung beider Streifen. Die Empfindlichkeit beträgt $1{,}58 \cdot 10^{-5}$ V am Galvanometer, bei $1 \cdot 10^{-2}$ A in den Platinstreifen. Bei Parallelschaltung der Streifen beträgt ihr Widerstand 0,25 Ω, die Empfindlichkeit $1{,}76 \cdot 10^{-5}$ V bei $2{,}11 \cdot 10^{-2}$ A in den Streifen. Frei von thermischen Nachwirkungen und Peltiereffekt kann es infolge seines geringen Widerstandes in Schwingungskreisen gut verwendet werden und soll sich da besser eignen als z. B. das Thermokreuz. Das Instrument wird als Wattmeter bezeichnet, ist in Wirklichkeit aber nur ein Amperemeter. Diese falsche Bezeichnung ist bekanntlich bei Amperemetern für Hochfrequenzströme vielfach üblich.

Während die Quadrantenelektrometer in letzter Zeit keine wesentlichen Verbesserungen erhalten haben, gilt das Gegenteil von den sog. Blättchen-

oder Fadenelektrometern. Ein solches hat Hoffmann[2]) angegeben. Dabei ist die Nadel ein rechtwinklig gebogenes Blättchen aus 0,01 mm Platinfolie und hängt an einem 3 μ starken Wollastonfaden in einer zweiteiligen Aluminiumdose. Das Ganze ist luftdicht abgeschlossen. Die Empfindlichkeit kann unter gewissen Umständen auf 3000 mm Ausschlag für 1 V gebracht werden. Die Kapazität des Elektrometers beträgt 4,8 cm. Die Ladungsempfindlichkeit also 1 mm = 1,6 mV $\times$ cm bei einer Einstellungszeit von 10 bis 15 s. Mit diesem Elektrometer war es möglich, die Ladungsgröße eines einzelnen α-Teilchens eines Poloniumpräparates zu messen. Der Ausschlag für das Auftreffen eines α-Teilchens betrug 8 bis 10 mm. Im Mittel wurde für die übertragene Elektrizitätsmenge bei einem Stoß der Wert 14,4 mV $\times$ cm gefunden. Dem entspricht eine Ionenzahl von 103 000 für die letzten 2,5 cm der Bahn eines α-Teilchens. Diese Zahl stimmt gut mit den bisher veröffentlichten Zahlenwerten überein; die praktische Verwendungsmöglichkeit des Instrumentes ist somit erwiesen.

Während die Physikalisch-Technische Reichsanstalt bis vor kurzem bei Messungen an Stromwandlern das Quadrantenelektrometer verwendete und Hartmann & Braun ein analoges elektrodynamisches Galvanometer[3]) für den gleichen Zweck konstruierte, scheinen neuerdings für gewisse Wechselstrommessungen Vibrationsinstrumente zur Verwendung zu kommen. Zwei Typen treten dabei hervor: das Greinachersche Vibrationselektrometer[4]), dessen Fabrikation die Siemens & Halske-A.G. übernommen hat. Ferner das Vibrationsgalvanometer[5]) nach Schering & Schmidt, welches von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt neuerdings für Stromwandlermessungen verwendet und von der Firma Hartmann & Braun A. G. hergestellt wird. Während das Vibrationselektrometer im Prinzip das für spezielle Wechselstrommessungen ausgestattete Wulfsche Elektrometer darstellt, ist das Vibrationsgalvanometer eine Abart des Deprez-Typus, bei dem zwei parallele Saiten als Stromschleife in dem starken Felde eines kräftigen Dauermagnets transversal entgegengesetzt schwingen, wodurch ein auf beide Saiten geklebtes Spiegelchen sich oszillierend dreht. Ein auf den Spiegel geworfener Lichtstrahl wird reflektiert und auf einer transparenten Skala beobachtet.

Siemens & Halske[6]) bauen ein anderes Vibrationsgalvanometer mit Drehspule, welches sich durch breite Resonanzkurve und große Empfindlichkeit auszeichnet und bei niedriger Bauhöhe und bequemer Regulierbarkeit der Resonanzlage von äußeren Feldern in hohem Maße unabhängig ist.

Kurvenaufnahme und -zerlegung. Während Busch[7]) eine einfache Ableitung der vollständigen Theorie des Oszillographen gibt, worin er von der Betrachtung der Arbeiten Blondels und Orlichs ausgeht und nachweist, daß man fast ohne Rechnung auf einem viel einfacheren Wege zu dem Blondel-Orlichschen Resultate gelangen kann, beschreibt G. Meller[8]) eine einfache Methode zur Demonstration gedämpfter Schwingungen mit dem Projektionsoszillographen. Im wesentlichen verwendet er zur Erregung des Schwingungskreises eine Akkumulatorenbatterie in Verbindung mit einem rotierenden Umschalter, der von demselben Generator gedreht wird, von dem der Synchronmotor zur Drehung des Demonstrationsspiegels angetrieben wird.

Silbermann[9]) zeigt analytisch, wie man die günstige Eigenschaft des Sinuspapieres bzw. Cosinuspapieres, welches eine darauf dargestellte Sinuslinie als Gerade erscheinen läßt, vorteilhaft bei der Analyse periodischer Kurven benutzen kann. Er zerlegt dabei die periodischen Kurven in einzelne symmetrische Wellen, was den Vorteil bietet, daß dieselben sich schnell in ihre Harmonischen zerlegen lassen. Die Analyse gestaltet sich daher einfach und übersichtlich, wie an der Hand von Beispielen gezeigt wird.

Rudolf Slaby[10]) beschreibt ein neues Verfahren zur harmonischen Analyse von Kurven, welches die Mängel der bisher bekannten Methoden nicht aufweist, streng richtig und auch anschaulich ist, wenig Zeit und Übung erfordert und sich leicht behalten läßt. — Er verschiebt die Punkte der gegebenen, zu analy-

sierenden Kurve $f(x)$ parallel zur X-Achse um einen Betrag $\frac{c}{\lambda} \cdot \cos x$*), wodurch eine neue Kurve entsteht, die der Gleichung genügt

$$y_1 = f\left(x - \frac{c}{\lambda} \cdot \cos x\right)$$

Der Flächenstreifen zwischen beiden Kurven y und y_1 wird nun planimetriert und ergibt unmittelbar die Wellenamplitude a_1 der ersten Harmonischen. An der Hand einer Anzahl von Beispielen wird die neue Methode erläutert und auf ihre Brauchbarkeit geprüft.

Um den funktionellen Zusammenhang zweier Größen x und y, der durch irgendeine physikalische Meßreihe gewonnen werden soll, festzulegen, macht man gewöhnlich von der bekannten graphischen Darstellungsweise in rechtwinkligen Koordinaten Gebrauch. Beim Vorhandensein beträchtlicher Meßfehler erhält man vielfach keine glatte Linie von Punkten, und man hilft sich dann dadurch, daß man, oft nach Gefühl, einen sich möglichst gleichmäßig anschließenden Kurvenzug durch die beim Versuch gefundenen Punkte hindurchzieht. Die hierin liegende Unsicherheit macht sich besonders störend bemerkbar, wenn der Differentialquotient für die Punkte der Versuchsreihe gebildet werden soll, da eine Tangente an jene Kurve nur sehr ungenau bestimmt ist. v. Sanden[11]) schlägt daher vor, das graphische Verfahren durch ein rechnerisches zu ersetzen. Sanden approximiert die durch Versuch vorgelegte Funktion durch eine ganze rationelle Funktion:

$$g(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n;$$

und bildet ähnlich wie bei der Methode der kleinsten Quadrate das Integral des Quadrates der Differenz der vorgelegten Funktion und deren Approximation $g(x)$. Indem er die gefundene Funktion partiell nach den Koeffizienten differenziert, erhält er eine Anzahl linearer Gleichungen zur Bestimmung dieser Koeffizienten, mit deren Hilfe sich dann die Approximation leicht ergibt. An der Hand eines Beispieles erläutert er den Gebrauch einer für die Ausführung derartiger Rechnungen vorgeschlagenen Tabelle. Die Rechnung erfordert wenig Mühe und soll eine befriedigendere Ausnutzung der Meßresultate liefern als die rein zeichnerische Behandlung.

Technische Meßinstrumente. In der Entwicklung der technischen Meßinstrumente hat es den Anschein, als ob allgemein ein Streben dahin ginge, die Kraft der Instrumente zu vergrößern, nachdem man einsehen gelernt hatte, daß eine Verbesserung der Instrumente kaum noch durch Verkleinerung des Systemgewichtes erzielt werden könne. Allein schon die Einführung der Ferraris-Instrumente ist ein Beweis hierfür. Waren nun auch gewisse Nachteile der Ferraris-Instrumente, wie Abhängigkeit von der Frequenz, unverkennbar, so wurde durch das allgemeine Zurückgehen in der Nachfrage nach elektrodynamischen Instrumenten ein starker Beweis für die Überlegenheit der kräftigeren Induktionsinstrumente erbracht. Wollte man nun die Vorzüge des elektrodynamischen Typus für die Praxis erhalten, so blieb nichts anderes übrig, als die Kraft dieser Instrumente zu erhöhen, und es war somit der Weg gezeigt zur Konstruktion des Ferrodynamischen Instrumentes (Abb. 25). Dolivo-Dobrowolsky[12]) (AEG) erreicht das gesetzte Ziel durch Verwendung von Eisen in elektrodynamischen Instrumenten.

Dabei wollen wir aber nicht vergessen, daß ein guter Teil aller Schalttafelinstrumente dem elektromagnetischen Typus angehören. Schortau[13]) weist auf die Prinzipien hin, nach welchen die Massenfabrikationen guter elektromagnetischer Instrumente möglich ist.

Auch bezüglich des Äußeren haben die Schalttafelinstrumente manche Neuerung erfahren: Einheitlichkeit in der Größe und Farbe; auch sind besondere Formen entstanden: neben dem Sektorflanschinstrument der Firma Hart-

*) λ ist hierbei ein beliebiges Vielfache der Periodenlänge c.

mann & Braun sind zu erwähnen die Tubusinstrumente (Abb. 26) der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft[14]). Dieselben gestatten den Einbau in die Schalttafel bei verhältnismäßig geringem Lochdurchmesser für die Schalttafeldurchbohrung (90 mm gegen 200 resp. 300 mm früher). Ein sektorförmiger Ausschnitt in der Schaltwand, der

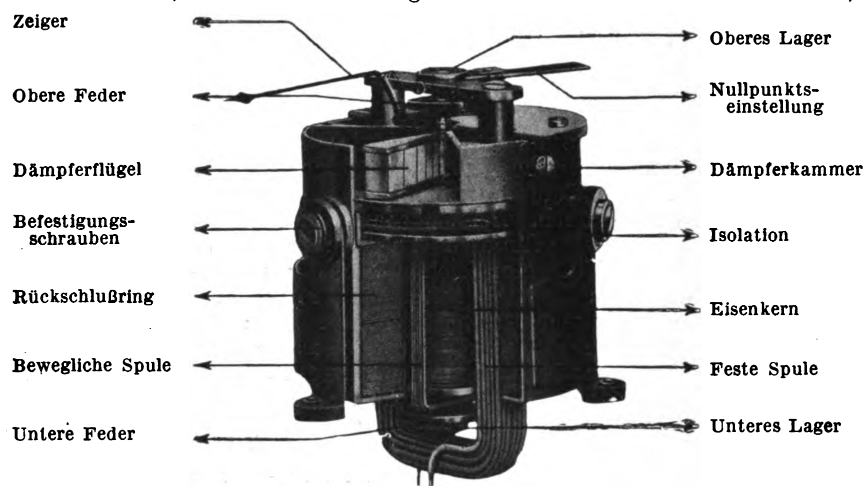


Abb. 25. Ferrodynamisches Instrument der AEG.

Instrumentskala gegenüber, ermöglicht es, dieselbe von rückwärts zu beleuchten, ganz einfach durch Installation entweder einer gewöhnlichen Glühlampe oder eventuell einer Röhrenlampe hinter der Schaltwand (Abb. 27).

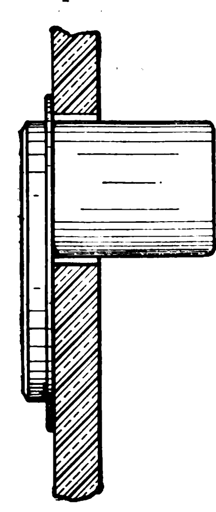


Abb. 26. Tubusinstrument der AEG.

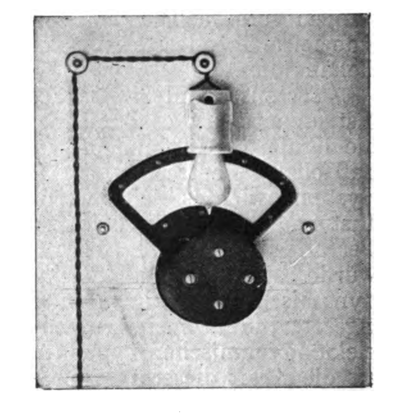


Abb. 27. Tubusinstrument der AEG.

Nicht unerwähnt bleiben dürfen die Registrierinstrumente, welche bei dem Streben nach Aufzeichnung in sog. geraden Koordinaten (gegenüber den Bogenkoordinaten) manche Neuerung erfahren haben. Neben dem Lenkermechanismus von Siemens & Halske und der AEG führen Siemens & Halske[15]) und Hartmann & Braun[16]) neuerdings Registrierinstrumente aus mit einem Hakenzeiger (Abb. 28 u. 29, der auf dem koaxial zur Systemachse zylindrisch gekrümmten Papierstreifen gerade Linien schreibt. Während des Schreibens beschreibt die Spitze der Schreibfeder den Kreis der natürlichen Drehbewegung des Instrumentes. Nach dem Abnehmen des Registrierstreifens erscheinen aber in beiden Fällen die aufgezeichneten Meßwerte in geraden Koordinaten.

Wesentliche Erfolge sind in der Aufzeichnung schnell verlaufender Vorgänge durch die Vervollkommnung der Funkenregistrierinstrumente[15]) erzielt. Durch Erhöhung der Systemdrehkraft und gleichzeitige Verminderung des Trägheitsmomentes sind Einstellzeiten von 0,2 s und noch weniger erreicht, und es ist

infolgedessen möglich, auf Papierstreifen, die sich mit einer Geschwindigkeit von 1 bis 1,5 m/min fortbewegen, genau und im einzelnen die Arbeitsvorgänge in den Antriebsmotoren von Walzenstraßen, Hebemaschinen, Bahnwagen, Werkzeugmaschinen (Strom, Spannung, Leistung, Geschwindigkeit, Beschleunigung) in gradlinigen und im allgemeinen proportionalen Koordinaten aufzuzeichnen.

Nach dem Bericht der Zählerkommission[17]) über das Jahr 1912/13 sind die Arbeiten über Meßmethoden zur einfachen und raschen Prüfung von Meßtransformatoren[5]), soweit sie Stromwandler betreffen, dank auch der Durchbildung eines geeigneten Vibrationsgalvanometers zum Abschluß gelangt. Es konnten dementsprechend Leitsätze aufgestellt werden, denen Meßtransformatoren bei der Beglaubigung genügen müssen. Einige besondere Bedingungen für Stromwandler sind: zulässige Höchstbelastung des Sekundärstromkreises nicht unter 15 VA; für Stromstärken vom Nennstrom bis zu $^1/_5$ desselben darf das Übersetzungsverhältnis vom Sollwert nicht mehr als $+$ 0,5 % abweichen; die Phasenverschiebung zwischen Primär- und Sekundärstrom soll weniger als $\pm$ 40 Minuten betragen; für Stromstärken unter $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ des Nennstromes gelten weitere Grenzen. Diese Grenzen gelten für das auf dem Wandler angegebene Frequenzmeßbereich und für Phasenverschiebung zwischen 0,5 nnd 1. Weiterhin sind Normen für die Isolation des Wandlers festgesetzt. Entsprechende Bestimmungen sind für Spannungswandler in Vorschlag gekommen.

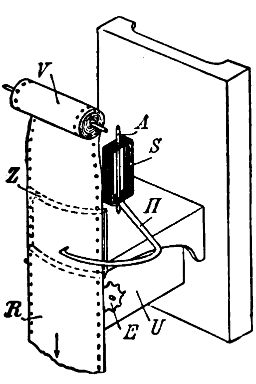


Abb. 28.
Schema des Registrierinstruments mit Hakenzeiger.
(Aus ETZ 1913, S 92.)

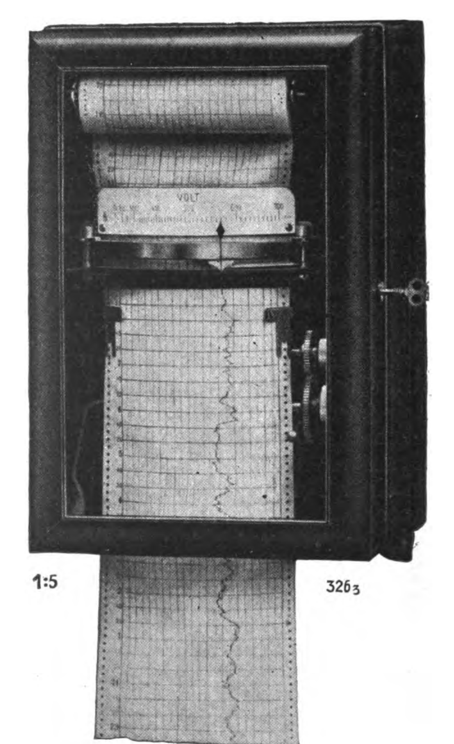


Abb. 29. Registrierinstrument von Hartmann & Braun.

Die Firma Julius Stephenson[18]) in Hamburg fabriziert Hochspannungsanzeiger, bei denen außer der rein elektrotatischen Wirkung anf einen drehbaren Aluminiumflügel noch die Blaswirkung von Spitzen ausgenutzt wird. Die Apparate gelten von 3000 V an als betriebssicher, werden Uhrform hergestellt und als „Lebensretter“ bezeichnet.

Campos[19]) will den Übelstand der direkten Einschaltung der Wattmeter in die Hochspannungsleitung vermeiden, schaltet sie auf der Niederspannungsseite ein und ordnet zur Kompensation der Verluste in den Leistungstransformatoren eine feste Stromspule resp. eine bewegliche Spannungsspule als Hilfsspulen zu den bereits vorhandenen im Wattmeter an. Das Wattmeter zeigt dann bei richtiger Wahl der Verhältnisse die Hochspannungsleistung an, obwohl es in die Niederspannung eingeschaltet ist.

Eine eigenartige Gruppe von Instrumenten bilden die Arnometer[20]), benannt nach dem Erfinder Professor Arno in Mailand. Arno hat gezeigt, daß man in der Lage ist, z. B. ein normales elektrodynamisches Wattmeter einfach durch Einschaltung einer Drosselspule in den Spannungskreis so umzuändern,

daß es für gewisse Belastungsgrenzen bezüglich der Phasenverschiebung für bestimmte Periodenzahlen innerhalb 1 bis 2% genau das Voltampereprodukt anzeigt. Es ist zum Voltamperemeter geworden. Durch Anordnung eines Umschalters für die Drosselspule im Spannungskreis kann ein kombiniertes Instrument: ein Watt-Voltamperemeter geschaffen werden. Durch zwei Messungen nacheinander mit dem Watt- resp. dem Voltamperemeter kann dann in bekannter Weise der Leistungsfaktor als Quotient beider Meßgrößen ermittelt werden.

Ein weiteres Instrument dieser Gruppe ist der Messer für die komplexe Leistung (carico-complesso). Er entsteht einfach durch die Wahl einer anderen geeigneten Drosselspule für den Spannungskreis. Dieses Instrument zeigt bei bestimmten Periodenzahlen auf 1 bis 2% genau innerhalb gewisser Phasenverschiebungsgrenzen die von Arno definierte sogenannte komplexe Leistung an, d. i. unter Zugrundelegung gewisser Normen aus der Erfahrung der Elektrizitätsverkäufer die Summe, z. B. $^1/_3$ der scheinbaren Leistung (Voltampere) plus $^2/_3$ der wirklichen Leistung (Watt).

Der Zweck dieser Maßnahmen ist, einen für die Bezahlung der Elektrizität gerechten, die Phasenverschiebung berücksichtigenden, einheitlichen Modus und dementsprechende Meßinstrumente, die Arnometer, zu schaffen, so daß demnach die durch verschiedenartige Belastung bedingten Tarife für die Bezahlung der elektrischen Energie überflüssig erscheinen würden. Es bleibt abzuwarten, wie weit die Länder außer Italien sich dieser Methode anschließen werden.

Gewöhnlich wird zur Konstruktion direkt zeigender elektrodynamischer Phasenmesser ein Wechselfeld mit einem kreisförmigen Drehfeld in Wechselwirkung gebracht, wobei das Drehfeld meist in zwei auf einer gemeinsamen Drehachse sitzenden, unter einem gewissen räumlichen Winkel gegeneinander gekreuzten Spannungsspulen erzeugt wird, während eine fest angeordnete, dickdrähtische Spule vom Hauptstrom durchflossen ist.

Hartmann & Braun[21]) baut neuerdings Schalttafelphasenmesser nach dem umgekehrten Prinzip, wobei sich der Vorteil ergibt, daß das bewegliche System anstatt zweier Spulen nur eine solche besitzt. Das Drehfeld wird dabei in einer Gruppe fest angeordneter Spulen erzeugt, während die bewegliche Spule unter Vermittelung zweier torsionsfreier Zuführungsbänder von der Sekundärwicklung eines kleinen, im Instrument sitzenden Transformators gespeist wird, wobei die Primärwicklung vom Hauptstrom durchflossen ist. Der Spannungsabfall der Hauptstromspule (0,07 Ω) beträgt dann nur 0,35 V bei 5 A. Dieser Phasenmesser zeigt die Phasenverschiebung eines Wechselstromes gegen die zugehörige Spannung an, unabhängig von der jeweiligen Größe dieser Werte und bei Drehstrom unabhängig von der Frequenz.

Der elektrodynamische Zeigerfrequenzmesser[22]) von Hartmann & Braun ist ein Nebenprodukt des obenerwähnten Phasenmessers, wobei die bewegliche Spule in Serie mit einer Gruppe der fest angeordneten Spulen geschaltet ist. Es entstehen zwischen den festen Feldern und dem beweglichen Feld zwei Drehmomente, welche entgegengesetzte Richtung haben. Der Zeigerausschlag ist eine Funktion der die Spulen in einer Stromverzweigung durchfließenden und in ihrer Größe von der Frequenz in verschiedenem Sinne abhängigen Ströme sowie der Phasenverschiebung zwischen beiden.

[1]) Helios 1913, S 63. — [2]) Ztschr. Instr.-Kunde 1913, S 229. — [3]) Ztschr. Instr.-Kunde 1913, S 368. — [4]) ETZ 1913, S 1485. — [5]) Schering & Schmidt, Arch. El. Bd 1, S 254. — [6]) Arch. El. Bd 2, S 270. — [7]) Busch, ETZ 1913, S 832. — [8]) Meller, ETZ 1913, S 716. — [9]) Silbermann, ETZ 1913, S 936. — [10]) Slaby, Arch. El. Bd 2, S 19. — [11]) v. Sanden, Arch. El. Bd 2, S 52. — [12]) Dolivo-Dobrowolski, ETZ 1913, S 113. — [13]) Schortau, ETZ 1913, S 467 — [14]) ETZ 1913, S 567. — [15]) Siemens & Halske, Helios Fachz. 1913, S 309. — [16]) Palm, ETZ 1913, S 91. — [17]) ETZ 1913, S 690. — [18]) Helios Expz. 1913, S 545. — [19]) Campos, El. Masch.-Bau 1913, S 214. — [20]) Helios Fachz. 1913, S 353. — [21]) Hartmann & Braun, ETZ 1913, S 998. — [22]) Gruhn, ETZ 1914, S 39.

Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler.

Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger.

Messungen, Theorie, Eichvorschriften. G. Thompson[1]) beschreibt eine automatische Eichmethode. Auf den Scheibenrand des Zählers wird ein Metallbügel aufgesteckt, dem eine Spitze gegenübersteht. Zwischen das Zählergehäuse und diese werden ca. 10 000 V gebracht. Die Funken beim Vorbeigehen des Bügels an der Spitze bewirken in der Primärspule des Hochspannungstransformators eine Stromzunahme, welche ein Relais erregt. Hierdurch werden Marken neben den Sekundenmarken eines Chronographenstreifens erzeugt.

Nach den Vorschlägen des Verbandes[2]) sollen bei der Beglaubigung von Zählern von $^1/_1$ bis $^1/_{20}$ der Nennlast höchstens $3 + \frac{0,3}{\gamma}\,\%$ Fehler zugelassen werden; ($\gamma = \frac{\text{vorhandene Last}}{\text{Nennlast}}$); Anlauf 1%, Leerlauf höchstens $\frac{1}{500}\cdot$ der Tourenzahl bei Nennlast. Bei Wechsel- und Drehstromzählern darf bei Verschiebung der Fehler noch um tg φ % größer sein als die Formel angibt.

Schnackenburg[3]) bestimmt durch Rechnung und Diagramm die Fehler der Drehstromzähler bei falscher Schaltung oder zufälliger Unterbrechung einer Leitung.

Nach Schmiedel[4]) können bei Zählern mit nur einem messenden System (für gleichbelastete Zweige) bei ungleicher Belastung, oder falls eine Sicherung abbrennt und ein angeschlossener Motor noch weiterläuft, sehr große Fehler entstehen. Die Reichsanstalt wird solche Zähler künftig nicht mehr beglaubigen. Die Größe der Fehler wird für drei Schaltungen durch Rechnung und Diagramm ermittelt.

Nach dem Jahresbericht des englischen National Physical Laboratory[5]) wurden an Zählern Messungen bei der dem Kurzschluß entsprechenden Stromstärke vorgenommen. Es wurden teilweise beträchtliche Fehler, die vom Schwächen der Bremsmagnete oder vom Magnetisieren von Teilen des Zählers hervorgerufen waren, beobachtet.

Die A E G[6]) leitet, um die zufolge der magnetischen Eigenschaften der Stromschenkel bei der unteren Belastung von Ferrariszählern auftretenden Fehler zu beheben, einen Teil des Spannungsfluxes durch die Stromschenkel.

S. H. Holden[7]) kritisiert die englischen Vorschriften über Normalstromstärken, Bohrungen der Klemmen, Zählwerke, Verluste in den Strom- und Spannungsspulen, den Anlauf, Genauigkeit, Spannungs- und Frequenzabhängigkeit sowie die Abhängigkeit von der Wellenform. In der Diskussion wurden viele der Holdenschen Vorschläge angegriffen.

W. C. Cooke[8]) teilt Betriebserfahrungen an Amperestunden- und Wattstundenzählern mit, Fehlerkurven von alten und neuen Thomsonschen Zählern, Einfluß des Kurzschlusses und der Temperatur (ungefähr 4% auf 10° C). Die neuen Apparate verhalten sich im Dauerbetriebe besser infolge der kleinen Kollektoren und der drahtförmigen Schleifbürsten. Temperaturfehler ca. 1,7% auf 10° C. Als Doppeltarifzähler werden Thomsonsche Zähler mit zentraler Umschaltung für die näher an der Zentrale liegenden Verbraucher, Aronsche Pendelzähler mit zusammengebauter, elektrisch aufgezogener Uhr für die weiter ab liegenden Verbraucher verwendet.

F. V. Magalhaes[9]) gibt eine Schaltung an zur Verbrauchsmessung in einer verketteten Zweiphasenanlage mit Nulleiter in jeder Phase. Die Messung ist mit drei Dreileiter-Einphasenzählern möglich.

Zählerkonstruktionen. In dem Quecksilbermotorzähler der Isaria - Z.-W.[10]) ist der glockenförmige Kupferanker zwischen den Polen eines Hufeisenmagnets angeordnet; der Strom wird durch Stifte, welche dem unteren Rande der Glocke gegenüberstehen, zu- und abgeleitet. Ein Teil des Stromes schneidet also wie bei einem Drehspulinstrument zweimal das Magnetfeld.

Der oszillierende Motorzähler der A E G , Form GG 1[11]), erscheint in zwei Modellen, eines bis 3000 A und eines für 3000 bis 10 000 A. Beide Modelle besitzen im Spannungskreis zwei Drehspulen entgegengesetzter Polarität, so daß sie von homogenen fremden Feldern nicht beeinflußt werden.

Der Amperestundenzähler für Wechselstrom[12]) von B u s c h wird nur für kleine Leistungen gebaut und enthält nur zwei vom Hauptstrom durchflossene, auf eine Aluminiumscheibe wirkende Elektromagnete. Letztere haben eine hohe Sättigung, so daß ihr Magnetismus langsamer steigt als der Strom, wodurch eine dem Strom genügend proportionale Tourenzahl von $^1/_{10}$ Last ab erreicht wird. Der Apparat ist billig herstellbar. Es besteht kein Eigenverbrauch, keine Gefahr des Leerlaufes. Er soll hauptsächlich die Strombegrenzer und Zeitzähler in kleinen Anlagen ersetzen.

Der Gleichstrom-Wattstundenzähler von Z i e g e n b e r g[13]) besitzt einen Scheibenanker. Die flachen Stromspulen sind entweder nur auf der einen Seite oder auf beiden Seiten des Ankers angeordnet. Der Apparat soll dadurch, daß die Stromspulen mit ihren radialen Teilen dicht aneinander liegen, den früheren Apparaten mit Scheibenanker an Drehmoment überlegen sein. Das Zählwerk wird durch ein zu den Bürsten parallel liegendes Relais fortgeschaltet. Es ist nämlich in die Zuleitung vom Anker zu einer Lamelle ein Widerstand eingeschaltet. Wenn diese Lamelle unter die Bürste kommt, erhöht sich die Bürstenspannung, und das Relais spricht an.

Der E A C-Induktionszähler mit einem Drehmoment von 9 gcm[14]) enthält ein E-förmiges Spannungseisen, das auf dem mittleren Schenkel die Wicklung trägt. Das Stromeisen ist U-förmig. Der Verbrauch im Nebenschluß beträgt 1,4 W, in der Hauptstromspule 1 W. Anlauf 0,3%. Die Spannungsabhängigkeit ist gering. Mit Rücksicht auf die Tropen besitzt der Apparat Glimmerisolation.

A. B e n e t s c h[15]) beschreibt eine Verpackung mittels federnder Aufhängung, neue Bürsten- und Zählwerkskonstruktionen.

In dem von G. W. M e y e r[16]) beschriebenen Quecksilbermotorenzähler mit Nebenschlußwiderstand für 60 000 A und 50 mV ist der Nebenschlußwiderstand, um die 3 kW abzuführen, in einem wassergekühlten Ölbad untergebracht.

Bei dem Einphaseninduktionszähler der S a n g a m o E l. C o.[17]) sind Rotor und Magnet leicht herausnehmbar. Magnet- und Anlaufsregulierung geschieht mittels Mikrometerschraube. Gewicht des Zählers ca. 2,5 kg.

Tarife und Tarifapparate. Zur Fernbetätigung von Doppeltarifzählern schalten D u d d e l l, D y k e s u. H a n d c o c k[18]) hinter den Generator der Zentrale eine Maschine mit hoher Frequenz, die ca. 5% der Netzspannung gibt. Bei den Konsumenten sind mit der hohen Frequenz in Resonanz befindliche Relais angeordnet. Diese sprechen so lange an, als die Maschine mit hoher Frequenz erregt ist. Man kann zu niedrigem Tarif dadurch registrieren lassen, daß man das Relais, entsprechend dem Verhältnis der Tarife, periodisch erregt und dadurch den Spannungskreis des Zählers mittels Resonanzrelais ausschaltet[19]).

M a r k a u[20]) erblickt einen Grund, weshalb sich die Elektrizitätsautomaten trotz ihrer Vorteile für die Werke (billigeres Inkasso) und Konsumenten (erleichterte Zahlung) noch so wenig eingeführt haben, darin, daß sie vielfach als Mittel benutzt werden, um von schlechten Zahlern das Geld hereinzubringen, so daß die Automatenkonsumenten als kreditlos gebrandmarkt waren. Für besonders geeignet hält Markau die Automaten für den Potsdamer Tarif. Er schlägt weiter bei Automaten einen Rabattmarkentarif vor zur Einführung der Elektrizität in Kleinbürgerkreisen.

B ü g g e l n[21]) zeigt, daß bei sehr vielen Anschlüssen und geringer Benutzungszeit die in den Zählernebenschlüssen verbrauchte Arbeit einen relativ großen Teil der gesamten Arbeit ausmachen kann. Er schlägt mit Rücksicht auf die Verluste in den Zählernebenschlüssen für landwirtschaftliche Zentralen besonders für die Motoren Pauschaltarif vor.

Ziegenberg[22]) führt aus, daß Büggeln bei Berechnung der durch die Zähler auftretenden Verluste einen zu hohen Strompreis angenommen habe, und daß in den meisten Fällen der Verbrauch der Zähler praktisch völlig bedeutungslos sei. Beim Einsetzen des richtigen Strompreises betrage in den von Büggeln angeführten Anlagen der Zählerverbrauch nur den Bruchteil eines Prozents der Stromeinnahme. Der Verbrauch der Zähler rechtfertige in keiner Weise den Pauschaltarif, besonders bei Motoren nicht; denn eine einzige übermäßige Benutzung des Motors, die bei Pauschale nicht kontrollierbar sei, schädige das Werk mehr als der Verbrauch der Zähler. Für Kraft und Licht könne übrigens ein kombinierter Zähler benutzt werden.

Baltzer[23]) hält die Einführung des Pauschaltarifes wegen des Verbrauches der Zähler (M 1,33 für Zähler und Jahr) für verkehrt; denn entweder werde das Werk oder der Konsument übervorteilt. Außerdem sei der Verbrauch der modernen Wechselstromzähler um 33% geringer als Büggeln angenommen hat. Endlich kann das Werk den Verbrauch des Zählers in die Miete einrechnen.

Bercovitz[24]) bespricht die verschiedenen Tarife und die zugehörigen Apparate (viele Bilder). Beim Belastungsdoppeltarif tritt hoher Tarif ein, wenn der Strom eine bestimmte Grenze überschreitet; Beschreibung der von den verschiedenen Firmen hierfür angewandten Stromrelais (Elektromagnet-, Hitzdraht-, Quecksilberrelais). Bei letzterem taucht ein in einer Glasröhre federnd aufgehängter, von der Stromspule eingezogener Eisenkern kontaktbildend in einen Quecksilbertropfen. Beim „Handschalterdoppeltarif"[25]) für Anlagen mit Licht und Kraft ist die Umschalteuhr des Zeitdoppeltarifes durch einen vom Konsumenten zu betätigenden Handschalter ersetzt. Umschaltung auf das Zählwerk für hohen Tarif tritt ein, (oder es wird der Zähler durch Hinzuschalten von Stromwindungen empfindlicher gemacht)[26]) sobald der Konsument den Handschalter in die Stellung bringt, in welcher er Lichtstrom entnehmen kann. Dabei kann die Anordnung so getroffen werden, daß dabei Kraftstrom ausgeschaltet ist, oder daß er gleichzeitig zu hohem Tarif entnommen werden kann. Dieser Tarif kann mit dem Belastungsdoppeltarif kombiniert werden, so daß der hohe Tarif beim Lichtverbrauch erst dann eintritt, wenn eine bestimmte Stromstärke überschritten wird. Beim Gebührentarif zeigen sich beim Zugrundelegen des Anschlußwertes oder des Wertes, auf den ein Strombegrenzer eingestellt ist, Nachteile. Die im letzteren Fall eintretenden Nachteile werden bei Verwendung eines Maximumzeigers vermieden. Es werden deren verschiedene Konstruktionen, auch solcher mit Schreibvorrichtung und solcher, die die Maxima nur während der Sperrzeit berücksichtigen, beschrieben. Beim Pauschaltarif bespricht Bercovitz die verschiedenen Begrenzerkonstruktionen. Dem Pauschaltarif haftet der große Nachteil an, daß von keinem Konsumenten Heizstrom entnommen werden kann. Zur Beseitigung hat man einen Begrenzer konstruiert, der die Entnahme von kleinem Lichtstrom und großem Heizstrom gestattet, darauf beruhend, daß die Unterbrechungen, die bei Überschreitung des zulässigen Lichtstroms bereits eintreten, das Bügeln nicht verhindern, oder man verwendet Begrenzer in Verbindung mit Umschaltuhren, welche tags eine Anzahl Windungen der Erregerspule kurzschließen. Endlich verwendet man Pauschal- und Zählertarif kombiniert, indem man, falls das Pauschale überschritten wird, auf den Zähler umschaltet. Die Überschreitung des Pauschalstromes unter Vergütung der Überschreitung gestatten die Spitzenzähler. Eingehende Darstellung der Konstruktionen, Beschreibung eines einfachen Spitzenzählers, dessen Anker, je nachdem die Pauschalgrenze über- oder unterschritten wird, vorwärts oder rückwärts läuft und dabei Zählwerk 2 oder Zählwerk 1 bewegt, und so gestattet, den Spitzenverbrauch und den Verbrauch, der unterhalb der Pauschalgrenze stattfand, getrennt zu ermitteln (Durchrechnung eines Beispieles).

In England wird bei Maximumzählern vielfach eine Registrierperiode von 15 Minuten angewandt[27]), in einzelnen Fällen jedoch eine solche bis zu 60 Minuten. In Kanada wird zur Berechnung in der Regel nur der Stand des

Kilowattstundenzeigers herangezogen, und es werden 30 Doll. für kW und Jahr berechnet. Vielfach wird auf diese Summe bei großer Entfernung des Konsumenten von der Zentrale ein entsprechender Zuschlag gemacht. Die Ablesung des Zählwerkes wird vielfach nur zur Feststellung der Benutzungsdauer verwendet. Es kommen Registrierdauern von 5 und 10 Minuten zur Anwendung.

Pauschaltarif kann mit Automatentarif kombiniert werden[28]). Nach Verbrauch einer bestimmten Anzahl von Kilowattstunden, für welche ein Pauschalbetrag bezahlt wird, schaltet der Zähler automatisch einen Apparat ein, der nur gegen Einwurf einer Münze die Stromentnahme gestattet.

Die Verrechnung des Stromes zu hohem und niederem Tarif kann dadurch herbeigeführt werden, daß die Spannungsspulen der Wattstundenzähler an eine besondere Leitung angelegt sind, welche in der Zentrale zur Zeit des hohen Tarifes mit 110 V, zur Zeit des niederen Tarifes mit 50 V erregt werden[29]). Die Einschaltung von zwei Zählern[26]), deren einer $e\ i \cos \varphi$, deren anderer $e\ i \sin \varphi$ mißt, ermöglicht dem Werk, auch den wattlosen Strom bei der Stromrechnung zu berücksichtigen.

Der Zeitzähler von Cunliffe[30]) wird als Straßenbahnzähler verworfen, wenn man nach ihm die Leistung des Führers und des Wagens beurteilen will. Der Amperestundenzähler wird empfohlen.

1) G. Thompson, ETZ 1913, S 722; E. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 233. — 2) ETZ 1913, S 690. — 3) Schnackenburg, ETZ 1913, S 14 82.— 4) Schmiedel, ETZ 1913, S 53. — 5) ETZ 1913, S 1486. — 6) AEG, Französ. Pat. 475 226; Lum. él. Ser. 2, Bd 24, S 217. — 7) Holden, Il. Inst. El. Eng. Bd 52, S 84; Electrician (Ldn.) Bd 72, S 250, 325. — 8) Cooke, Il. Inst. El. Eng. Bd 51, S 223. —, 9) Magalhaes, El. World Bd 61, S 1372. — 10) Isaria Z.-W., ETZ 1913, S 1234. — 11) AEG, ETZ 1913, S 852. — 12) Busch, ETZ 1913, S 877; El. Anz. 1913, S 983. — 13) Ziegenberg, ETZ 1913, S 1409. — 14) El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 373. — 15) Benetsch, El. Anz. 1912, S 1286. — 16) G. W. Meyer, El. Anz. 1913, S 291. — 17) Sangamo, El. Co., El. Rev. (Chic.) Bd 62, S 822; El. World Bd 61, S 845, 846. — 18) Duddell, Dykes u. Handcock, El. Masch.-Bau 1913, S 279. — 19) ETZ 1913, S 1235. — 20) Markau, El. Masch.-Bau 1913, S 324; ETZ 1913, S 141. — 21) Büggeln, ETZ 1912, S 1241. — 22) Ziegenberg, ETZ 1913, S 159. — 23) Baltzer, ETZ 1913, S 399. — 24) Helios Fachz. 1913, S S 281, 299, 318, 329. — 25) El. Anz. 1913, S 464. — 26) El. Anz. 1913, S 999. — 27) El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 89. — 28) Helios Exportz. 1912, S 2499. — 29) El. World Bd 61, S 684. — 30) Cunliffe, ETZ 1912, S 1354.

Messung des Widerstands, der Kapazität, der Induktivität.

Von Prof. Dr. H. Hausrath.

Elektrostatische Messungen.

Hubbard und Stimson[1]) geben ein Verfahren zur Messung von sehr kleinen Kapazitäten (von Verbindungsdrähten usw.) an, das wie das Harmssche auf Ladungsverteilung unter Verwendung einer Normalkapazität und eines Elektroskops beruht.

Gleichstrommessungen.

Meßwiderstände. Normalspulen. Das Nat. Phys. Lab., London[2]), hat einen Widerstandssatz von 10 $M\Omega$ mit 100 Einheiten zu $10^5 \Omega$ hergestellt, das durch verschiedene bei der Konstruktion angewandte Vorsichtsmaßregeln beachtenswert ist.

Die PTR erprobte eine gegen Feuchtigkeit schützende Konstruktion für Präzisionswiderstände[3]).

Im Zusammenhang mit den Arbeiten der PTR zur absoluten Ohmbestimmung wurden bei mehreren aufs genaueste hergestellten Selbstinduktionsspulen die aus den Dimensionen berechneten mit den elektrisch gemessenen Beträgen

verglichen und für die Verhältnisse der berechneten und die gemessenen Werte Übereinstimmung auf 0,01% erlangt[4]). Entsprechende Untersuchungen sind auch im Nat. Phys. Lab. in Gang[5]).

Eine relativ hoch belastbare Widerstandskonstruktion für hohe Beträge stellte H. Kost[6]) durch kathodische Zerstäubung von Konstantan auf unglasierten Tonröhren her. Eine Chromnickellegierung vom spez. Widerstand 1,21 und der Bruchfestigkeit 9,07 kg/qmm wurde, aus Amerika kommend, von der Firma Schniewindt für Asbestgitterwiderstände aufgenommen.

Meßmethoden. Tournier[7]) gibt eine Nullmethode zur Messung sehr großer Widerstände an, die auf der Anwendung des Elektrometers als Differentialinstrument beruht. Die Notwendigkeit, einen Vergleichswiderstand von nahezu gleicher Größe wie der zu messende zu verwenden, wird dabei dadurch umgangen, daß letzterer (x) unter Vorschaltung eines bekannten großen Widerstandes R von dem größeren Teil r_2 eines Rheostatenwiderstandes $r + r_2$ abgezweigt wird. Gibt das Elektrometer, dessen Quadranten am Rheostatwiderstand und dessen Nadel zwischen x und R liegt, keinen Ausschlag, so gilt

$$x = \frac{R\,(r_1 + r_2) + r_1\,r_2}{r_2 - r_1}$$

Der verbreiteten, wenn auch unbegründeten Abneigung gegen die Differentialmethode mit übergreifendem Nebenschluß kommt eine von Wenner[8]) mitgeteilte Modifikation der Brückenmethode von Carey Foster entgegen. Diese bietet für erstere einen — allerdings nicht gleichwertigen — Ersatz, indem sie den Vergleich kleiner Widerstandseinheiten mit einem nominell gleichwertigen Normal gestattet. Der Einfluß der Verbindungsleitungen wird durch gewisse Umschaltungen eliminiert und der wegen der Forderung höherer Genauigkeit hierbei nicht mehr verwendbare Meßdraht durch Vergleichswiderstände ersetzt, von denen der eine direkte Ablesung der prozentischen Abweichung (bis auf 0,001%) gestattet. Dieser allerdings kostspielige Rheostatensatz kann natürlich auch in anderem Zusammenhang wertvoll sein.

Apparate. Die auf dem Kreuzdrehspulenprinzip beruhenden Ohmmeter sind von der Firma Hartmann & Braun durch eine Modifikation der bekannten Schaltung so ausgebildet worden, daß kleine Differenzen zweier Widerstände direkt ablesbar sind. Die Firma R. Paul (London) änderte die übliche Kreuzdrehspulenanordnung für Ohmmeter in der Weise, daß sich die Wicklungen gleichmäßig in vier aneinander schließenden Sektoren über einen Zylinder verteilen. Ein bestimmtes Wicklungsvolumen kann hierdurch in engerem Luftspalt untergebracht werden.

Chauvin und Arnoux haben ein Megohmmeter[9]) konstruiert, bei dem der Widerstandsmeßbereich durch einen dem hochempfindlichen Zeigergalvanometer zugeordneten Universalnebenschluß in dekadischem Verhältnis geändert wird. Als Meßbereich wird 250 Ω bis 10 000 MΩ angegeben. Die gemachten theoretischen Vernachlässigungen lassen jedoch ausgeschlossen erscheinen, daß die Ohmskala, abgesehen von einer Zehnerpotenz, wie bei den hohen so auch bei den niederen Widerständen gültig bleibt.

Eine Konstruktion der Firma Nadir: „Zusatzinstrument für Fehlerortsbestimmungen an Kabeln", bei der die auf der Methode des Spannungsabfalls beruhende Messung stets mit größtmöglichem Voltmeterausschlag erfolgt, verursachte eine Diskussion über das für die Praxis zweckmäßigste Meßprinzip. Als Ergebnis dürfte festzuhalten sein, daß mit der genannten Methode ein Ungelernter am leichtesten und sichersten arbeiten wird, während die Brückenmethoden umfassender verwendbar sind und in kundigen Händen die bestmöglichen Resultate ergeben.

Die Methoden zur Widerstandsmessung mit Gleichstrom finden eine ausführliche, besonders die Empfindlichkeitsbedingungen behandelnde Darstellung durch W. Jäger in Bd. II des eben erscheinenden Handbuchs der Elektrizität und des Magnetismus. Es wäre zu wünschen, daß dieses große Werk die dem

Wissenschaftler heute ebenso wie dem Elektrotechniker unentbehrlichen direkt zeigenden Instrumente berücksichtigte. Bis jetzt sind jedoch in dem 156 Seiten starken Abschnitt „Meßapparate und Meßmethoden für stationäre Ströme" Ohmmeter o. dgl. nicht erwähnt.

Stromquellen. Als Stromquelle für Isolationsmessungen an Kabeln, besonders solchen von verhältnismäßig geringer Länge, wurde im Telegraphenversuchsamt eine Hochspannungsbatterie mit der bisher wohl unerreicht hohen Isolation von mehr als 700 000 MΩ aufgestellt, deren Aufbau Wertheimer[10]) mitteilt.

Wechselstrommessungen.

Widerstände ohne Zeitkonstante. Wagner und Wertheimer haben ihre im Telegraphenversuchsamt ausgeführten Arbeiten, die auf Vervollkommnung der Methoden und Hilfsmittel zur Messung kleiner Verlustwinkel hinzielten, zum Abschluß gebracht, indem sie — wie vorher Curtis und Grover[11]) sowie Hüter[12]), aber auf Grund ausgedehnterer systematischer Untersuchungen — Widerstandskonstruktionen von praktisch verschwindender Zeitkonstante herstellten. Umfangreiche Versuche zeigten, daß die von ihnen geschaffenen Widerstandseinheiten sich mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit reproduzieren lassen, wobei mit Ausnahme der kleinsten Stufen die Phasenverschiebung bei der Kreisfrequenz $\omega = 10\,000$ höchstens 10 Bogensekunden beträgt. Die Änderung des effektiven Widerstands mit der Frequenz bringt bei der hauptsächlichen Anwendung dieser Widerstände für Verlustmessungen keine wesentlichen Nachteile mit sich. Tatsächlich läßt sie sich auch nicht vermeiden, da, wie Curtis und Grover[11]) zeigten, die Phasenverschiebung und die Änderung des Widerstands mit der Frequenz prinzipiell nur in dem Fall gleichzeitig verschwinden können, daß sowohl die Selbstinduktion als auch die Kapazität der Spule jede für sich verschwindend klein ist. In dieser Beziehung dürfte durch die früher beschriebene Konstruktion von Curtis und Grover für Widerstände von 5000 Ω an das praktisch mögliche Optimum erreicht sein.

Die Untersuchungen der PTR über die Widerstandsvermehrung von Spulen mit verschiedener Form und verschiedener Leiterkonstruktion bei Frequenzen der drahtlosen Telegraphie wurden unter besonderer Berücksichtigung von Kupferbandspulen in Scheiben- und in Zylinderform fortgeführt[13]). Bemerkenswert ist u. a. die Beobachtung, daß mit dickerem Band bewickelte bei hohen Frequenzen den größeren Widerstand haben, was aus der Konfiguration des magnetischen Wechselfelds erklärt werden kann.

Eine von Hausrath angegebene Litze für Hochfrequenzspulen, die aus vielen, den Querschnitt in gleicher Weise durchlaufenden Kupferbändchen besteht, zeigte sich nach Messungen von Hund[14]) den bekannten geflochtenen Litzenbändern mindestens gleichwertig.

Über die Kapazität von Spulen verschiedenster Form wurden von Rietz[15]) eingehende Untersuchungen angestellt.

Meßmethoden. Die schon erwähnte elektrometrische Nullmethode von Tournier[7]) läßt sich ohne weiteres auch mit Wechselstrom ausführen, also zur Bestimmung von hohen elektrolytischen Widerständen oder von Effektivwerten genügend induktions- und kapazitätsfreier Widerstände (allerdings, ohne den Vorteil der Methode aufzugeben, nur bei Niederspannung) verwerten. Bei der für die gleichen Objekte, aber prinzipiell für beliebig hohe Spannung anwendbaren Methode von Vaillant[16]) wird ein Elektrometer, ganz entsprechend dem Voltmeter in der üblichen Methode der Isolationsmessung bei Gleichstrom benutzt. Der gesuchte Widerstand R wird mit dem Elektrometer, dessen Kapazität durch einen parallel geschalteten, variablen Kondensator auf den Betrag C erhöht wird, an die Wechselstromspannung E in Reihe geschaltet. Der Ausschlag ist dann mit genügender Annäherung proportional $E^2/\omega^2 C^2 R^2$, woraus sich bei Kenntnis der Spannungskonstante des Elektrometers (oder mit elektrostatischem Voltmeter ohne weiteres) R ergibt. Bei Verwendung

eines Quadrantenelektrometers konnte mit 125 V Netzspannung bis $10^4\,M\Omega$ gemessen werden.

Die wertvollen Verfahren, die von Wagner und Wertheimer zur Untersuchung des Phasenwinkels von Widerständen ausgebildet wurden, finden eine Ergänzung durch eine Arbeit von Schering und Schmidt[17]), in der eine exakte und doch für die Praxis genügend einfache Bestimmung des Phasenwinkels bei Rheostatenwiderständen von hohem Betrag mitgeteilt wird. Sie benutzen als Vergleichswiderstand die Manganinische Mannit-Borsäurelösung, die sich in einem Widerstandsgefäß der hierfür schon von Nernst gewählten Form als genügend induktions- und kapazitätsfrei erweist. Durch die Elektrodenverschiebung läßt sich auf Gleichheit mit dem zu untersuchenden Widerstand einstellen, wodurch alle Vorteile der symmetrischen Brückeneinstellung gewonnen werden. Parallel zum untersuchten bzw. zum Flüssigkeitswiderstand eingestellte Kondensatoren ergeben den positiven bzw. negativen Phasenwinkel. (Eine Verwendung der Manganinischen Lösung zu Rheostatenkonstruktionen ist schon wegen ihrer Zersetzbarkeit ausgeschlossen.)

Nach Messungen von Hund[15]) läßt sich ein sehr genauer Vergleich des Werkwiderstandes zweier Selbstinduktionsspulen bei Frequenzen der drahtlosen Telegraphie nach einer von Hausrath vorgeschlagenen Differentialmethode auch bei wenig Windungen von vielfach unterteilten Leitern von großem Gesamtquerschnitt erreichen. Der eisenfreie Differentialtransformator wird selbst aus wenig Windungen eines geflochtenen Litzenbandes gebildet, von dessen Einzellitzen die eine Hälfte das eine, die andere das andere Differentialsystem bildet. Mit ungedämpften Schwingungen lassen sich an dem mit einer „Thermobrücke" kombinierten Galvanometer dem Nullstrom linear proportionale Ausschläge erreichen. Zugleich kann bei angenäherter Abgleichung der Induktivitäten (oder Kapazitäten) bewirkt werden, daß das Instrument nur auf die Widerstandsdifferenz der zu vergleichenden Größen, d. h. den reellen Teil des Widerstandsoperators reagiert. Hierzu dient eine als Phasentransformator wirkende Schaltung, die in einem Diagonalzweig der ganz oder teilweise aus einander entgegengeschalteten Thermoelementen bestehenden Thermobrücke einen Hilfsstrom von bestimmter Phase herstellt, während der Nullstrom im andern Diagonalzweig zugeführt wird. Noch einfacher wäre dieses Verfahren mit einem Hitzdrahtdifferentialgalvanometer, bei niederen Frequenzen auch mit Spiegeldynamometer ausführbar. Es läßt sich selbstverständlich auch auf Kompensationsmethoden übertragen (tatsächlich liegt es in anderer Form schon der elektrometrischen Kompensationsmethode Orlichs zur Phasenmessung an Meßtransformatoren zugrunde) sowie auf alle Brückenmethoden, wodurch sehr exakte Messungen von Verlustwinkeln oder von sehr kleinen Phasenwinkeln auch mit andern Meßinstrumenten als Telephon und Vibrationsgalvanometer ermöglicht werden. Der besonders für Hochfrequenzmessungen und für Messungen sehr kleiner Winkel bei Niederfrequenz unschätzbare, aber anscheinend immer noch nicht gewürdigte Vorzug der Differentialmethoden besteht jedoch darin, daß sie prinzipiell nur die Erfüllung von zwei statt drei Abgleichungsbedingungen erfordern.

Für die Messung von sehr kleinen Beträgen, insbesondere kleiner Widerstände und Induktivitäten bietet sich neben dieser Differentialmethode selbstverständlich nach Analogie der Gleichstromwiderstandsmessung die Übertragung der Thomsonschen Doppelbrücke und der Differentialmethode mit den Systemen im Nebenschluß dar. Das erstere von Barnett[18]) entwickelte Verfahren ist bisher wohl mit Recht wegen der gegenüber der einfachen Brücke bei Wechselstrom noch erheblich gesteigerten Komplikationen vermieden worden. Hausrath[19]) schlägt aus den genannten Gründen die entsprechende Differentialmethode vor, die sich besonders zur Messung sehr kleiner elektrolytischer Widerstände eignet und hierbei zugleich die an den Elektroden auftretende Polarisationskapazität ergibt. Durch gewisse Maßregeln ermöglicht diese Methode auch die Untersuchung von Elementen in stromlosem und beliebigem Belastungs-

zustand. Die den zu vergleichenden, in Reihe liegenden Widerständen parallel geschalteten Differentialsysteme werden von einem verhältnismäßig so kleinen Strom durchflossen, daß auch ohne Anwendung des übergreifenden Nebenschlusses die Einzelwiderstände der Elektroden, z. B. der positiven oder negativen Platten von großen Akkumulatoren, mittels Hilfselektroden einwandfrei gemessen werden. Die Polarisationskapazität ergibt sich aus einer für vollkommenes Minimum erforderlichen Variometereinstellung in dem zum Vergleichswiderstand parallel liegenden Differentialsystem. Zur Anwendung auf die Messung sehr kleiner induktiver Widerstände, die durch einfache Umkehrung des Verfahrens erfolgen könnte, liegt übrigens kein Anlaß vor, da hierbei die Anwendung von Potentialabzweigungen weder prinzipiell erforderlich noch unbedingt zulässig ist. Denn in solchen Fällen kann stets die oben genannte Differentialmethode mit Reihenschaltung verwandt werden, da sie, im Gegensatz zur entsprechenden Gleichstrommessung mit Differentialdrehspulinstrument, immer durch geeignete Bemessung der Differentialsysteme auf die theoretisch günstigsten Bedingungen gebracht werden kann. Die Zuleitungswiderstände gehen dann in eine ergänzende Abgleichung der Differentialschaltung unter Abschaltung der zu vergleichenden Größen ein.

Zur Theorie der Nullmethoden liegt eine Abhandlung von Haubner[20]) vor, der auf neuem Wege die Bedingungen ableitet, unter denen die Bestimmung der Kapazität nach der Maxwell-Thomsonschen Methode mittels der bekannten Näherungsformel erfolgen kann. Er übersieht dabei allerdings die gründlicheren Untersuchungen von Diesselhorst sowie Orlich und geht von der nicht zutreffenden (vgl. Leitf. f. d. el. Prakt., Karlsruhe) Voraussetzung aus, daß die Ableitung der streng gültigen Formel nur äußerst umständlich möglich sei.

Die Liste der prinzipiell möglichen und am richtigen Platz praktisch verwendbaren Ausschlagmethoden dürfte durch eine von Northrup[21]) veröffentlichte Substitutionsmethode zur Bestimmung des Werkwiderstands einer Spule zu einem gewissen Abschluß gekommen sein. Die Methode beruht darauf, daß die Spannungsspule eines Dynamometers zuerst an die Spule und dann bei konstantem Hilfsstrom an einen im Hauptkreis vorgeschalteten, induktionsfreien Widerstand gelegt wird, der gleichen Ausschlag ergibt. Der systematischen Vollständigkeit wegen sei darauf hingewiesen, daß sich prinzipiell nach dem gleichen Verfahren auch Reaktanzen messen lassen, indem der Rheostat durch eine variable Kapazität ersetzt und der Strom in der Spannungsspule um 90° gegen die Spannung verschoben wird, und daß sich für diesen Zweck bei Ausgestaltung des Verfahrens als hier nicht näher zu beschreibende elektrometrische Ausschlags- (oder Differential-) Methode auch zwei gegenseitige Induktivitäten statt Kapazitäten verwenden lassen.

Daß auf dem Gebiet der Ausschlagsmethoden keine größeren Leistungen mehr zu erwarten sind, wird durch ein von Burgeß[22]) zur Messung von Reaktanzen vorgeschlagenes Verfahren nahegelegt, das er „Methode der maximalen Leistung“ nennt. Es beruht darauf, daß die Leistung in einer Reaktanz ein Maximum wird, wenn durch Vorschalten eines Widerstandes der Gesamtwiderstand R bei konstanter Gesamtspannung gleich der Reaktanz ωL bzw. $\frac{1}{\omega C}$ ist. Da die Empfindlichkeit der Methode im Einstellungspunkt selbst theoretisch unendlich klein ist, da sie praktisch noch eine Ergänzung durch Messung des effektiven Widerstands erfordert und da für die Leistungen, bei denen überhaupt eine Wattmetermessung in Frage kommt, Rheostatensätze nicht existieren, kann in diesem Verfahren kaum ein Fortschritt gegenüber den üblichen Methoden gefunden werden.

Immer mehr, vielleicht mangels eines Werks, das die wissenschaftliche elektrische Meßkunde systematisch behandelt, häufen sich auf diesem Gebiete die Publikationen, in denen Methoden mit zweifelhaften Vorzügen gegenüber den für die gleichen Aufgaben schon vorhandenen angeboten oder gar bekannte

Methoden als neu ausgegeben werden. So wird z. B. die von Russell 1903 angegebene Methode zum Vergleich von C und L auf Grund der Beziehung: $L = R^2C$ (wobei R gleichzeitig der Widerstand von jedem von zwei einander parallelen, L bzw. C enthaltenden Zweigen sowie Werkwiderstand der ganzen Kombination) innerhalb des Jahrs von zwei Landsleuten dieses Forschers unabhängig voneinander neu entdeckt, während gleichzeitig in einer deutschen Dissertation[14]) der Autor wohl angeführt, aber auch mit Recht auf die Mängel der Methode, nämlich ungünstige Bedingtheit der Vergleichsgröße und unbedingte Notwendigkeit dreifacher Abgleichung, hingewiesen wird.

Stromquellen. Schon von M. Wien wurde darauf hingewiesen, daß die Empfindlichkeit von Brückenmessungen durch Transformation des Nullstroms gesteigert werden kann. Schering und Schmidt[13]) geben für diesen das günstigste Übersetzungsverhältnis zu $\sqrt{\frac{Z_b}{Z_g}}$ an, wenn Z_g der Scheinwiderstand des Instruments, Z_b der seines Schließungskreises in der Brücke.

Nach gründlichen Untersuchungen von Behne[24]) ist es bei der für Brückenmessung mit Telephon oder Vibrationsgalvanometer als Stromquelle viel benutzten Wienschen Wechselstromsirene zweckmäßiger, die schädlichen Hochfrequenzströme, die in der magnetisierenden Wicklung induziert werden, durch einen Kondensator kurzzuschließen, als sie durch eine Drosselspule abzudrosseln.

[1]) Hubbard und Stimson, Phys. Rev. Ser. 2, Bd 1, S 245. — [2]) El. World Bd 62, S 149. — [3]) Z. Instrkde. 1913, S 126. — [4]) Z. Instrkde. 1913, S 115. — [5]) Campbell, Proc. Roy. Soc. Ser. A, Bd 87, S 391. — [6]) Kost, Phys. Z. 1912, S 894. — [7]) Tournier, Rev. El. Bd 17, S 1. — [8]) Wenner, Phys. Rev. Ser. 2, Bd 1, S 467. — [9]) Chauvin u. Arnoux, Lum. él. Ser. 2, Bd 23, S 41. — [10]) Wertheimer, ETZ 1913, S 555. — [11]) Curtis und Grover, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 140; vgl. JB. 1912, S 175. — [12]) Huber, Ann. Phys. 4. Reihe, Bd 40, S 381. — [13]) Lindemann und Hüter, Ber. Dtsch. Phys. Ges. Bd 15, S 219. — [14]) Hund, Diss. Karlsruhe; Berlin, Springer, 1913. — [15]) Rietz, Ann. Phys. 4. Reihe, Bd 41, S 543. — [16]) Vaillant, Compt. Rend. Bd 156, S 308. — [17]) Schering und Schmidt, Arch. El. Bd 1, S 423. — [18]) Barnett, Phys. Rev. Bd 34, S 74. — [19]) Hausrath, Nernst-Festschrift, Halle, Knapp 1913, S 176. — [20]) Haubner, El. Masch.-Bau 1913, S 1044. — [21]) Northrup, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, S 1311. — [22]) Burgett, Electrician (Ldn.) Bd 71, S 102. — [23]) Schering und Schmidt, Z. Instrkde. 1913, S 117. — [24]) Behne, Arch. El. Bd. 2, S 181.

XIV. Magnetismus.

Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. E. Gumlich.

Pierre Weiß hatte bekanntlich bei seinen Versuchen mit einer großen Zahl ferro- und paramagnetischer Körper gefunden, daß sich das magnetische Moment des Grammatoms als ganzes Vielfaches einer und derselben Zahl (1123,5) darstellen lasse, die er das Grammagneton oder kurz das Magneton nannte. Nun machte schon im Jahre 1911 Heydweiller[1]) darauf aufmerksam, daß sich Weiß bei der Prüfung seiner Magnetonentheorie an praktischen Beispielen der Hauptsache nach ausgewählter Messungen bediente, die auf die Suszeptibilität des Wassers zurückgehen. Diese wurde zu $-0{,}75 \cdot 10^{-6}$ angenommen, ein Wert der kaum auf $\pm 5\%$ verbürgt werden könne; bei einem um $\pm 2\%$ anderen Wert jedoch gehe die Ganzzahligkeit der von Weiß gefundenen Werte in das Gegenteil über. Die Schlüsse von Weiß seien daher vorläufig noch mit Vorsicht aufzunehmen und eine einwandfreie Neubestimmung der Suszeptibilität des Wassers dringend erwünscht.

Diese Neubestimmung ist nun von mehreren Seiten (Weiß und Piccard[2]), P. Sèv [3]), de Haas und Drapier[4]) im wesentlichen nach der Steighöhenmethode mit größter Sorgfalt ausgeführt worden und hat den übereinstimmenden

Wert — 0,72 · 10^{-6} ergeben, so daß die von Heydweiller geäußerten Bedenken durchaus gerechtfertigt erscheinen. Auf Grund dieser Tatsache und mit Hilfe des neu gewonnenen Wertes bestimmten neuerdings Cabrera und Moles[5]) nach der Steighöhenmethode die Suszeptibilität einer Anzahl von Eisensalzlösungen verschiedener Konzentration und fanden die Ganzzahligkeit der Magnetonen nur für den Grenzfall sehr schwacher und sehr starker Konzentrationen bestätigt, was sie auf Dissoziationserscheinungen zurückführen. Unter diesen Voraussetzungen schließen sie, daß das Eisenatom mit 25, 27 und 29 Magnetonen auftreten kann.

Unerwartete Schwankungen der Stärke des Atommagnetismus in Abhängigkeit von der Konzentration, die er durch Bildung von magnetischen Ketten bzw. Ringen zu erklären suchte, teilte Heydweiller[6]) als Ergebnisse der Versuche von zweien seiner Schüler, Stüdemann und Philipp, mit; nach seiner Ansicht kann man von einer konstanten Magnetonenzahl bei beliebiger Verdünnung nicht reden. Damit aber würde doch ein Teil der Weißschen Schlüsse erheblich erschüttert sein.

Auch das Curie sche Gesetz, nach welchem das Produkt aus der spezifischen Suszeptibilität χ und der absoluten Temperatur T für die paramagnetischen Körper konstant sein sollte, hat sich inzwischen für eine große Anzahl von Körpern namentlich bei tieferen Temperaturen nicht bestätigt. Für einen Teil derselben gilt mit hinreichender Annäherung statt dessen das Gesetz $\chi\,(T + \delta) =$ Konst., wobei δ eine empirisch ermittelte Korrektionsgröße bezeichnet, und das Gesetz läßt sich, wie Oosterhuis[7]) nachweist, durch die auch zum Verständnis anderer Erscheinungen notwendige Annahme erklären, daß die Materie sogar bei der Temperatur des absoluten Nullpunkts noch eine gewisse Energie besitzt. Dieselbe Annahme einer Nullpunktsenergie bringt, wie Keesom[8]) theoretisch ableitet, die berechneten Werte für die sogenannte spontane Magnetisierung, d. h. die Magnetisierung, welche nach Annahme von Weiß im Innern eines ferromagnetischen Körpers ohne Vorhandensein eines äußeren Feldes herrschen soll, bei Magnetit und Nickel mit den von Weiß aus Experimenten abgeleiteten Werten zu befriedigender Übereinstimmung.

Von Wichtigkeit für die Theorie des Ferromagnetismus sind auch die Versuche von Gans[9]) über die Abhängigkeit der Koerzitivkraft des Nickels von der Temperatur, welche ergaben, daß diese Größe im Temperaturintervall — 185° bis + 360° (Umwandlungspunkt des Nickels) eine von der Vorgeschichte unabhängige, eindeutige Funktion der Temperatur ist, die sich recht genau durch ein allerdings wenig übersichtliches Formelsystem darstellen läßt.

Die magnetischen Eigenschaften der Legierungen von Nickel mit Kupfer und Eisen hat W. Kohl[10]) untersucht, indem er die Legierungen verschieden hoch erhitzte, in kaltem Wasser abschreckte und dann die Magnetisierbarkeit für ein Feld von etwa 800 Gauß mittels einer allerdings sehr primitiven Methode maß. Es ergab sich, daß beim reinen Nickel die Magnetisierbarkeit mit der Abschrecktemperatur bis 750° stieg, um bei noch höheren Temperaturen konstant zu werden. Einen ähnlichen Charakter zeigten auch die Legierungen mit Kupfer, nur nahm die Magnetisierbarkeit mit dem Kupfergehalt erheblich ab und verschwand bei etwa 30% Kupfer bei gewöhnlicher Temperatur vollständig. Bei tiefen Temperaturen zeigten sich auch höhere Legierungen noch magnetisch, verloren jedoch ihre Magnetisierbarkeit schon bei einer Erwärmung auf — 30° wieder vollständig, ähnlich wie die sog. irreversibeln Nickelstahllegierungen. Diese ganze Temperaturabhängigkeit erwies sich jedoch eigentümlicherweise als Folge der mechanischen Härtung durch das Walzen der Stäbe; war diese beseitigt, so war die Magnetisierbarkeit nach dem Abschrecken bei allen Temperaturen dieselbe, wie nach dem Abkühlen auf tiefe Temperaturen.

Die Versuche mit Nickelstahlen von 20 und 27% Nickel, von denen die letzteren ja bei gewöhnlicher Temperatur unmagnetisch sind und erst durch die Abkühlung auf tiefe Temperaturen magnetisierbar werden, ergaben wieder die schon von Hilpert und Colver-Glauert an niedrigeren Legierungen

gefundene Eigentümlichkeit, daß die Magnetisierbarkeit nach dem Abschrecken bei 750° vollkommen verschwindet, um nach Abschrecken von höheren Temperaturen wieder aufzutreten, so daß dies Material hiernach mehrere magnetische Phasen zu besitzen scheint.

Die magnetischen Eigenschaften von Vanadiumstahl (3,5% Va; 0,6% C; 0,2% Mn) bestimmte L o n s d a l e[11]), aber die Erwartung, daß dies für andere Zwecke so brauchbare Material sich auch für die Herstellung permanenter Magnete eignen würde, bestätigte sich nicht, da nach dem Abschrecken von 900° bis 950° (allerdings einer ziemlich hohen Temperatur!) die Remanenz nur 7600, die Koerzitivkraft nur 45 Gauß betrug, Werte, die von guten Wolframstählen weit übertroffen werden.

Den Einfluß des Phosphors auf die magnetischen Eigenschaften des Flußeisens untersuchte d'A m i c o[12]) an einer Reihe von kohlenstoffarmen Elektrostählen mit einem Phosphorgehalt bis 1,24% im naturharten, ausgeglühten und abgeschreckten Zustand. Eigentümlicherweise steigt die Permeabilität bei höheren Phosphorgehalten von 0,5% ab erheblich, die Koerzitivkraft und der Hystereseverlust nehmen stark ab; ob man es hier aber mit einer direkten oder, wie beim Silizium, mit einer indirekten Wirkung zu tun hat, scheint nicht klar zu sein. Jedenfalls wird man auf Grund dieser Messungen annehmen dürfen, daß die ja sonst meist nur geringen Verunreinigungen des Stahlgusses durch Phosphor auf die Magnetisierbarkeit keinen wesentlichen Einfluß ausüben.

Die magnetischen Eigenschaften des Gußeisens behandeln in populärer Form G o l t z e[13]) und G u m l i c h[14]), indem sie zeigen, was man normalerweise von sog. Gußeisen erwarten darf und wodurch es sich zur Verwendung von Dynamogestellen u. dgl. wesentlich verbessern ließe. Der zweite Artikel enthält außerdem noch einen Hinweis auf die früher von C a m p b e l l vorgeschlagene Verwendung des billigen Gußeisens zu permanenten Magneten, die bei zweckmäßiger Änderung der chemischen Zusammensetzung, für welche entsprechende Vorschläge gemacht werden, keineswegs aussichtslos erscheint.

Bekanntlich hängen die magnetischen Eigenschaften des Eisens nicht nur von der chemischen Zusammensetzung sondern auch von der vorhergegangenen mechanischen und thermischen Behandlung ab. Hiermit beschäftigt sich in einer eingehenden Abhandlung G o e r e n s[15]), der außer den magnetischen Eigenschaften auch die Elastizität, Härte, Zugfestigkeit, den elektrischen Widerstand und das spezifische Gewicht an einer ganzen Reihe von Eisen- und Stahlsorten mit bis zu 1% ansteigendem Kohlenstoffgehalt im gewöhnlichen, mechanisch gehärteten und im angelassenen Zustand untersuchte; die mechanische Härtung erfolgte dabei durch Ziehen in Drahtform. Hierbei kann unter Umständen nach den Resultaten des Verfassers die Koerzitivkraft um 323%, der Hystereseverlust um 220% zunehmen, die Maximalpermeabilität um 65% sinken. Die auch magnetisch wichtige Temperatur, bei welcher hartgewalztes oder gezogenes Material aus der faserigen in die kristallinische Struktur übergeht, liegt zwischen 520 und 580°; die Wirkung tritt dann innerhalb weniger Minuten ein. Die durch die mechanische Bearbeitung hervorgerufene harte Form ist weniger stabil als die weiche und stets bestrebt, in diese überzugehen.

Umgekehrt befindet sich aber auch frisch ausgeglühtes Material, z. B. Dynamoblech, in einem labilen Zustand, dessen Übergang in den stabilen sowohl durch mechanische Erschütterungen wie durch dauernde Erwärmung auf mäßige Temperaturen unterstützt wird. Die letztere Erscheinung ist bekannt als das sog. „Altern"; den Einfluß der Erschütterungen auf die magnetischen Eigenschaften des Dynamoblechs untersuchten G u m l i c h und S t e i n h a u s[16]) näher, indem sie die Probebündel in einer rotierenden Trommel längere Zeit hindurch aus einer Höhe von einigen Zentimetern herabfallen ließen. Es wurde festgestellt, daß die Erschütterungen genau in demselben Sinne wirken, wie das Altern, d. h. Koerzitivkraft und Hystereseverlust wachsen, Remanenz und Maximalpermeabilität nehmen ab, die ganze Hystereseschleife wird breiter und runder. Eine praktische Bedeutung hat dies Ergebnis insofern, als ja das Dynamo-

blech auf dem Eisenbahntransport vom Walzwerk zur elektrotechnischen Fabrik tagelang noch erheblich stärkere Stöße auszuhalten hat, so daß es erklärlich erscheint, wenn am Bestimmungsort vielfach wesentlich höhere Verlustziffern festgestellt werden als in den Walzwerken.

Daß die Permeabilität des Eisens in hohem Maße von der Temperatur abhängt, ist namentlich durch die klassischen Untersuchungen von Ewing bekannt geworden. Man weiß, daß in der Nähe des magnetischen Umwandlungspunkts (760°) die Permeabilität für kleine Felder außerordentlich hoch ist, aber mit wachsender Feldstärke sehr stark abnimmt, und daß auch die Remanenz nahezu vollständig verschwindet. Maclaren[17]) hat nun neuerdings den Einfluß der Temperatur auf die Hystereseverluste im Eisenblech durch ballistische Messungen systematisch untersucht und gefunden, daß der Eisenverlust für $\mathfrak{B} = 10\,000$ bei normalem Blech nahezu proportional der Temperatur abnimmt, bei legiertem anfangs langsamer, von 550° ab aber viel rascher. Die Hystereseschleifen schrumpfen vollständig zusammen, Koerzitivkraft und Remanenz werden in der Nähe des Umwandlungspunkts Null.

Theoretisch und praktisch recht wichtige Ergebnisse fanden Pender und Jones[18]) bei der Abkühlung geglühten Blechs unter der Einwirkung eines Wechselfelds. Sie erhitzten nebeneinander in demselben Ofen bis über den magnetischen Umwandlungspunkt identische Proben von Dynamoblech, von denen die eine mit einer Wickelung umgeben war, durch welche während der Abkühlung ein Wechselstrom geschickt werden konnte, und fanden, daß diese letzteren Proben eine bis zu 50% höhere Maximalpermeabilität, eine größere Remanenz und eine etwas geringere Koerzitivkraft besaßen, als die nicht ummagnetisierten Proben, während der Hystereseverlust bei beiden Proben ungefähr der gleiche war. Die Verbesserung wuchs mit der Größe des angewandten Wechselfeldes, sie war am größten, wenn das Wechselfeld während der magnetischen Umwandlungstemperatur wirkte, dagegen unmerklich bei niedrigen Temperaturen.

Mit zunehmender Verwendung der magnetischen Eigenschaften des Eisens für elektrotechnische Zwecke steigt naturgemäß auch das Bedürfnis nach zuverlässigen und dabei einfachen Meßapparaten für Permeabilität und Hystereseverlust, aber nur verhältnismäßig selten ist unter den zahlreichen Vorschlägen ein brauchbarer; zu den letzteren dürfte wohl das von Iliovici[19]) beschriebene Universalpereameter gehören, das auf dem Jochprinzip beruht. Mit Hilfe des Jochs sucht man bekanntlich die Magnetisierung des Probestabes oder Blechbündels möglichst gleichmäßig zu machen, so daß der mit dem ballistischen Galvanometer leicht und genau zu messende Induktionsfluß und die aus Stromstärke und Spulenkonstante berechenbare Feldstärke zwei wirklich zusammengehörige Werte sind. Tatsächlich läßt sich dies aber wegen des magnetischen Widerstandes von Joch und Luftschlitzen ohne weiteres nie vollständig erreichen, und es tritt stets nach den Enden der Probe zu eine erhebliche Streuung auf, welche ähnlich, wenn auch schwächer, entmagnetisierend wirkt, wie der Magnetismus an den Enden einer in freier Spule untersuchten Stabes. Die berechnete Feldstärke bedarf daher auch bei der Jochmethode einer Korrektion, der sog. „Scherung", die sich aber mit der Höhe der Induktion und mit der Qualität der Probe ändert und eine erhebliche Fehlerquelle darstellt. Diese Fehlerquelle sucht nun Iliovici dadurch zu beseitigen, daß er auch das Joch mit einer Wicklung versieht und gerade so viel Strom i' hindurchschickt, daß hierdurch der magnetische Widerstand von Joch und Luftschlitzen überwunden wird. In diesem Falle treten dann keine Streulinien mehr aus dem Stabe aus, und die Scherung wird Null. Ob dies Ziel erreicht ist, prüft nun der Verfasser dadurch, daß er an zwei weit auseinanderliegenden Punkten A und B des Stabes ein zweites jochartiges Stück anpreßt, das eine mit dem ballistischen Galvanometer verbundene Induktionsspule trägt. Im allgemeinen wird dann durch das Hilfsjoch eine Anzahl von Induktionslinien verlaufen, die ihre Richtung plötzlich wechseln und das Galvanometer zum Ausschlagen bringen, wenn man gleichzeitig den Magnetisierungsstrom i

und den Hilfsstrom i' kommutiert. Durch Änderung des Hilfsstroms kann aber dieser Ausschlag zum Verschwinden gebracht werden; dann sind A und B auf gleichem magnetischen Potential, und man findet in diesem Falle die zur Induktion $\mathfrak{B}$ im Stabe gehörige Feldstärke genau aus der bekannten Formel $\mathfrak{B} = 0{,}4\pi n\, i/l$, wobei n die Anzahl der Primärwindungen, i die Stromstärke in der Hauptspule und l die Länge des Stabes zwischen A und B bezeichnet. Vergleiche zwischen den Magnetisierungskurven, die mit diesem Apparat, dem auf ähnlichem Prinzip beruhenden Picouschen Permeameter und dem bewickelten Ring gewonnen wurden, zeigten befriedigende Übereinstimmung.

Auf eine wichtige Fehlerquelle bei magnetischen Prüfungen von Dynamoblech machten Campbell und Booth[20]) aufmerksam. Sie zeigten, daß nicht nur starke mechanische Eingriffe, wie Hämmern, Walzen usw., sondern vorübergehend schon ganz schwache Biegungen die magnetischen Eigenschaften erheblich ändern können. Die in Streifenform verwendeten Proben, welche eine gleichmäßige Primär- und Sekundärwicklung trugen, so daß sie mit dem ballistischen Galvanometer untersucht werden konnten, wurden in Ringform zusammengebogen und mit den Enden fest verbunden. Es entstand also ein nahezu vollkommen geschlossener magnetischer Kreis, bei dem das Material jedoch an der Außenseite etwas gedehnt, an der Innenseite etwas gepreßt war. Nach der Untersuchung wurde der Kreis durch Knicken an vier Punkten in ein Quadrat verwandelt, das in magnetischer Beziehung sicher schlechter war als die Kreisform, dafür aber, abgesehen von den Ecken, keine mechanisch beanspruchten Grenzschichten besaß. In jedem Falle zeigte sich das Material in Kreisform magnetisch erheblich schlechter als in Quadratform, und dies überraschende Resultat wurde auch noch auf einem anderen Wege vollkommen bestätigt. Die beobachteten Differenzen sind keineswegs unbeträchtlich; beispielsweise ergab ein Probestreifen von 0,3 mm Dicke beim Zusammenbiegen zu einem Ring von 50 cm Durchmesser eine Abnahme der Permeabilität von 40% bei der Feldstärke $\mathfrak{H} = 1$ und eine Zunahme des Hystereseverlustes um 19%. Die verwendete Krümmung entspricht aber derjenigen des Blechs in dem noch ziemlich häufig verwendeten Richterschen Eisenprüfapparat, für den also diese Fehlerquelle in erheblichem Maße in Betracht kommt.

Eine weitere Fehlerquelle bei der Bestimmung der Verlustziffern nach dem Wattmeterverfahren untersuchte Goltze[21]) eingehend mit den Hilfsmitteln der AEG, nämlich die Verzerrung der Spannungskurve bzw. die hierdurch hervorgebrachte Änderung des Formfaktors bei höheren Induktionen. Als wesentliche und schwer zu vermeidende Ursache dafür fand er den Ohmschen Widerstand des Magnetisierungsapparats und besonders auch des Wattmeters, der bei den hohen Strömen, welche namentlich die legierten Bleche bei Induktionen über $\mathfrak{B} = 15\,000$ erfordern, zu unverhältnismäßig großem Ohmschen Spannungsabfall und damit zu erheblichen Fehlern Veranlassung gibt. Er kommt zu dem Schlusse, daß es auch mit besonders konstruierten Maschinen zurzeit kaum möglich ist, wattmetrische Prüfungen an legiertem Blech bei Induktionen über $\mathfrak{B} = 16\,000$ einwandfrei auszuführen.

Unter diesen Umständen würde es natürlich für die Technik außerordentlich wichtig sein, auf einem anderen Wege zu den notwendigen Werten des Hysterese- und Wirbelstromverlustes von Blechen bei verschiedenen Induktionen zu gelangen. Einen solchen Weg schien mit großem Glücke Zickler[22]) zu beschreiten, der auf Grund einer Anzahl von Beobachtungen an bewickelten Ringen fand, daß sich innerhalb einer Fehlergrenze von 5 bis 6% der Hystereseverlust P_h pro kg für eine beliebige Induktion $\mathfrak{B}$ berechnen lasse aus der Beziehung $P_h = n\, f(\mathfrak{B})/\mu$; hierin bedeutet n die Periodenzahl pro Sekunde, μ die Maximalpermeabilität der betreffenden Blechsorte und $f(\mathfrak{B})$ eine allgemeine Funktion der Induktion, welche der Verfasser aus den Versuchsergebnissen zwischen $\mathfrak{B} = 4000$ und $\mathfrak{B} = 17\,000$ empirisch ermittelte und in Kurvenform darstellte. Man würde somit zur Bestimmung der Hystereseverluste für ganz beliebige Induktionen nur einer einzigen Größe, nämlich der Maximalpermeabilität des betref-

fenden Materials, bedürfen, während man allerdings den dazu gehörigen Wirbelstromverlust aus dem spezifischen Widerstand des Materials und dessen Dimensionen zu berechnen hätte. Leider ergaben die auf Grund reichen Beobachtungsmaterials vorgenommenen Nachprüfungen dieser Formel durch Goltze[23]) und durch Gumlich[24]), daß die befriedigenden Resultate von Zickler offenbar mehr dem Zufall zugeschrieben werden müssen, daß unter Umständen Fehler von 50 bis 60% nicht ausgeschlossen sind, und daß die Zicklersche Formel auch nicht einmal eine innere Wahrscheinlichkeit für sich hat; man wird also auf sie wohl nur zum Zweck einer ungefähren Orientierung zurückgreifen dürfen.

Wie rasch der im Eisen induzierte Magnetismus den Feldänderungen zu folgen vermag, ist eine früher bereits vielfach untersuchte Frage, die heute, im Zeitalter der drahtlosen Telegraphie, eine erhöhte Bedeutung gewonnen hat. Arkadiew[25]) bestimmte neuerdings mit Hilfe des Reflexionsvermögens metallischer Drähte für elektrische Wellen die Permeabilität von Eisen und Nickel und fand folgende Werte:

Wellenlänge in cm	μ bei Eisen	μ bei Nickel
72,7	80	20
23,8	58	11
10,63	51	7
4,82	33	3
2,31	14,7	1,2
1,31	4,5	—

Hieraus ergibt sich, daß, wenn auch die Abnahme der Permeabilität mit zunehmender Frequenz außerordentlich stark ist, doch auch in den hier erreichten Grenzfällen die Anwendung des Eisens immer noch erhebliche Vorteile bietet; bei Wellen von der Größenordnung der Lichtwellen muß allerdings auch die Permeabilität des Eisens = 1 gesetzt werden.

Hauptsächlich den Interessen der Telephonindustrie dient eine Untersuchung von Heinr. Hoffmann[26]) über zyklische Magnetisierungen, die einer konstanten Magnetisierung übergelagert sind. Beim Telephon kommt es darauf an, die Änderungen der Zugkraft des vorhandenen kleinen Elektromagnets auf die schwingende Membran durch die kleinen Zusatzfelder, welche von den Telephonströmen geliefert werden, möglichst groß zu machen. Da diese proportional $\mathfrak{B} \cdot \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial \mathfrak{H}}$ sind, so handelt es sich darum, zu ermitteln, für welche Induktion $\mathfrak{B}$ eines gegebenen Materials dies Produkt ein Maximum wird. Dies untersuchte der Verfasser ballistisch an Blechringen verschiedener Art, indem er an einer Anzahl von Punkten der Hystereseschleife durch kleine, übergelagerte Magnetisierungszyklen das Produkt $\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial \mathfrak{H}}$ und auch den Flächeninhalt der kleinen Zusatzschleifen, der ja dem zusätzlichen Energieverbrauch entspricht, bestimmte. Bei konstantem $\mathfrak{B}$, also an einer bestimmten Stelle der Hystereseschleife, wächst $\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial \mathfrak{H}}$ und damit auch $\mathfrak{B} \cdot \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial \mathfrak{H}}$ mit wachsender zusätzlicher Feldstärke bis zu einem Maximum, um dann wieder abzunehmen. Je weicher das Eisen ist, desto größer ist der Höchstwert von $\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial \mathfrak{H}}$ und um so kleiner der Wert von $\Delta \mathfrak{H}$, für welchen er erreicht wird. Für verschiedene $\mathfrak{B}$, also für verschiedene Stellen der Hystereseschleife, aber ergibt sich $\mathfrak{B} \cdot \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial \mathfrak{H}}$ größer beim absteigenden als beim aufsteigenden Ast, am größten in der Nähe der Remanenz.

Wichtig für den Bau von Dynamoankern, besonders aber auch für denjenigen von Elektromagneten, die ein unentbehrliches Hilfsmittel der Wissenschaft geworden sind, ist die Bestimmung der Permeabilität des Eisens bei höheren Feldstärken bzw. der sog. Sättigung. An die Lösung dieser, in letzter Zeit von mehreren

Seiten bearbeiteten Aufgabe ging Orgood Peirce[27]) mit beträchtlichen Hilfsmitteln. Während sich nämlich sonst meist die Untersuchung auf klei ne dünne Stäbchen zwischen den Polen eines starken Elektromagnets beschränkt (sog. Isthmusmethode), untersuchte Peirce Stäbe von 1 m Länge und 1,25 cm Durchmesser nach dem ballistischen Verfahren in einer Magnetisierungsspule, die mit ca. 300 kg Kupfer bewickelt war und Feldstärken bis zu 4600 Gauß lieferte. Die Änderung der Feldstärke längs des ganzen Stabes betrug nur 0,5%. Die außerordentliche Höhe der Selbstinduktion und die damit verbundene große Relaxationsdauer bedingte die Verwendung eines ballistischen Galvanometers von 156 s Schwingungsdauer. Untersucht wurde eine große Anzahl Proben käuflichen Materials, von welchen leider keine chemische Analyse vorlag, wodurch die Bedeutung dieser Untersuchung erheblich beeinträchtigt wird. Die höchsten Werte von $\mathfrak{J}_\infty$ des Verfassers für die reinsten Substanzen liegen zwischen 1708 und 1742 und stimmen somit gut mit den für reines Eisen in den letzten Jahren von anderen Beobachtern gewonnenen Werten überein (Weiß 1731 und 1706, Gumlich 1725, Hadfield und Hopkinson — sicher zu niedrig — 1680). Erschütterungen während des Magnetisierungsvorgangs, welche bekanntlich in niedrigen Feldstärken die Permeabilität außerordentlich erhöhen, hatten, wie sich voraussehen ließ, auf den Sättigungswert keinen Einfluß.

In der Erzeugung hoher magnetischer Feldstärken ist man neuerdings einen beträchtlichen Schritt weiter gekommen durch die Verwendung der im Laboratorium von Pierre Weiß gemachten, schon im letzten Jahrgange besprochenen Entdeckung von Preuß, daß der Sättigungswert der Verbindung Fe_2Co etwa 10% höher ist als derjenige von reinem Eisen. Um diese Tatsache auszunutzen, genügt es, nur die Polspitzen der Elektromagnete, wo die Dichte der Induktionslinien am größten ist, aus Eisenkobalt herzustellen. Weiß[28]) erhielt hierdurch eine Erhöhung der Feldstärke um 5%, d. h. er brauchte, da die Feldstärke nur sehr langsam mit der Zahl der AW wächst, zur Erzeugung eines Feldes von 48 000 Gauß nur 100 000 AW gegenüber 200 000 bei reinem Eisen. Dies gilt für einen Polabstand von 2 mm bei 3 mm Poldurchmesser; bei 1 mm Polabstand erreichte er 55 000 Gauß.

Eine Neukonstruktion der Elektromagnete auf Grund eingehender systematischer Versuche verdanken wir du Bois, der durch die Firma Hartmann & Braun in Frankfurt a. M. vier verschiedene Typen ausführen ließ. Bei sämtlichen sind die Holme zu einem $^1/_3$-Kreis gebogen und unten durch eine starke eiserne Fußplatte verbunden, die den Induktionsfluß vermittelt und auf der die Holme nach Bedarf verschoben und gedreht werden können. Die bei hohen Feldstärken besonders wirksame Wicklung liegt in der Nähe der Pole; außerdem trägt jeder Holm noch eine gleichmäßige Wicklung, die besonders bei kleinerer Feldkonzentration und größerem Polabstand günstig wirkt. Für die Ableitung der in der Wicklung entstehenden Wärme ist durch zwischengelegte Wasserspülungsröhren gesorgt. Die geeignetste Form der Pole für alle möglichen Verwendungszwecke hat du Bois durch sehr mühsame Rechnungen ermittelt und praktisch ausprobiert. Zur Herstellung von hohen und tiefen Temperaturen im Interferrikum sind besondere Vorrichtungen vorgesehen.

Die kleine Tabelle auf der folgenden Seite gibt eine Übersicht über die wichtigsten Daten dieser vier Typen.

Es ist erwähnenswert, daß du Bois mit seinem zweitgrößten Modell ungefähr das gleiche Feld erreicht, wie Weiß mit seinem Apparat von etwa vierfachem Gewicht und doppelter Betriebsleistung.

Die Messung derartig hoher Felder erfolgt am genauesten durch Probespulen, die mit dem ballistischen Galvanometer verbunden sind und plötzlich aus dem Felde herausgezogen werden, doch ist die dazu notwendige sehr genaue Bestimmung der Windungsfläche dieser kleinen Probespulen recht schwierig. Sahulka[30]) konstruierte einen besonderen Apparat zur Messung magnetischer Felder, der darauf beruht, daß ein an einer Stelle von Strom durchsetztes Queck-

Bestimmungsstück	Schwerstes Modell	Großes Modell	Mittleres Modell	Kleines Modell	Einheit
Gesamtgewicht ca. . . .	1400	360	200	50	kg
Betriebsstrom	—	27,5	19	7,5	A
Gesamte Kiloamperewindungen ca.	130 (180)	70 (100)	45 (75)	22	kAW
Betriebsspannungen bei 80°	—	2 × 70	2 × 55	2 × 45	V
Elektrische Betriebsleistung (80°)	13 (16)	3,9 (6)	2,1 (4)	0,7	kW
Gesamte Stromwärme (80°)	190	55	30	10	cal/min
Maximalfeld für 6 × 1 mm Schlitz	(55)	45 (50)	43 (47)	35	Kilogauß
Maximalfeld für 3 × 0,5 mm Schlitz	(65*)	55* (60*)	47 (52)	40	Kilogauß

Die eingeklammerten Werte beziehen sich auf kürzer dauernde Überlastung, die mit * versehenen auf Eisenkobaltarmaturen.

silbermanometer eine Niveauänderung erleidet, wenn diese Stelle in das Feld gebracht wird. Über die Genauigkeit und Empfindlichkeit der Vorrichtung ist in dem zur Verfügung stehenden Berichte nichts angegeben.

Schließlich sei noch die Untersuchung von Kalisch (vgl. JB 1912, S 40) über die Zugkraft der Elektromagnete erwähnt, die eine erhebliche technische Bedeutung hat. Der Verfasser maß an einem Modell, dessen Polflächen verschiedene Winkel (90°, 45°, 30°) mit der Zugrichtung bildeten, mittels des ballistischen Galvanometers den Kraftlinienverlauf, Streuung, Induktion auf der Polfläche und mittels der Federwage die Zugkraft und kommt zu folgendem Resultat: Bei hoher Sättigung ist die senkrechte Polfläche weitaus am günstigsten, bei mittlerer etwa 45°, bei geringerer Induktion 30° und darunter. Die Maxwellsche Beziehung $Z = \frac{\mathfrak{B}^2 \cdot F}{8\pi}$, in der $\mathfrak{B}$ die Induktion, F den Inhalt der Polfläche bedeutet, gibt durchweg zu kleine Werte, ist jedoch, da praktisch eine genaue Berechnung der Zugkraft unmöglich ist, unter Hinzufügung eines Korrektionsgliedes weiter beibehalten.

[1]) Heydweiller, Verh. D. Phys. Ges. Bd 13, S 1063, 1911. — [2]) Weiß u. Piccard, Compt. rend. Bd 155, S 1234, 1912. — [3]) P. Sève, Ann. Chim. Phys. Ser. 8, Bd 27, S 189, 425, 1912. — [4]) de Haas u. Drapier, Ann. d. Phys. Ser. 4, Bd 42, S 673. — [5]) Cabrera u. Moles, Arch. sc. phys. et nat. Ser. 4, Bd 35, S 425. — [6]) Heydweiller, Verh. D. Phys. Ges. 15. Jg., S 1120. — [7]) Oosterhuis, Phys. ZS. 14. Jg., S 862. — [8]) Keesom, Onnes Comm. Leiden Suppl. Nr. 32, to Nr. 133—144. — [9]) Gans, Ann. d. Phys. Ser. 4, Bd 42, S 1065. — [10]) Kohl, Diss. Techn. Hochsch. Berlin. — [11]) Lonsdale, Phys. ZS. 14. Jg., S 581. — [12]) E. d'Amico, Ferrum 1913, H. 10; El. Masch.-Bau 1913, S 752—53. — [13]) Goltze, Gießerei-Ztg. Bd 10, S 1, 39, 71. — [14]) Gumlich, Stahl u. Eisen 1913, H. 52. — [15]) Goerens, El. Masch.-Bau 1913, S 280, 584. — [16]) Gumlich u. Steinhaus, ETZ 1913, S 1022. — [17]) Maclaren, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1912, S 1895; ETZ 1913, S 581. — [18]) Pender und Jones, Electrician (Ldn.) Bd 70, S 814. — [19]) Iliovici, Bull. Soc. Intern. des Electr. 1913, S 581. — [20]) Campbell u. Booth, Proc. Phys. Soc. London Bd 25, Teil III, S 192. — [21]) Goltze, ETZ 1913, S 967. — [22]) Zickler, El. Masch.-Bau 1913, S 737, 759. — [23]) Goltze, El. Masch.-Bau 1913, S 1037. — [24]) Gumlich, El. Masch.-Bau 1914, S 321. — [25]) Arkadiew, Phys. ZS. 14. Jg., S 561. — [26]) H. Hoffmann, Arch. El. Bd 1, S 433. — [27]) Osgood Peirce, Proc. Am. Acad. Bd 49, S 115. — [28]) P. Weiß, C. R. Bd 156, S 1970. — [29]) du Bois, Ann. Phys. Reihe 4, Bd 42, S 903, 953. — [30]) Sahulka, El. Masch.-Bau 1913, S 325. — [31]) Kalisch, Arch. El. Bd 1, S 394, 458, 476; ETZ 1913, S 1208.

XV. Messung elektrischer Lichtquellen.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. Berth. Monasch.

Lorenz[1]) gibt eine Methode an, um Glühlampenfäden auf Flecke zu prüfen. Der zu prüfende Faden wird vor einem hellerleuchteten Hintergrund aufgestellt und ein geeigneter farbiger Schirm verwendet. Der Strom in dem Glühfaden wird so eingestellt, daß der Faden den farbigen Schirm gegen den Hintergrund verschwinden läßt. Die Flecke sind dann deutlich als helle Linien zu erkennen. Man kann monochromatische Schirme verwenden, die nur einen begrenzten Bezirk des Spektrums hindurchlassen und zwischen Auge und die zu prüfende Lampe gestellt werden.

Luckiesh[2]) untersuchte den Einfluß des Purkinjeschen Phänomens bei der Photometrie verschiedenfarbiger Lichtquellen. Es wurden Messungen mit dem Flimmerphotometer und dem Vergleichsphotometer durch zwei verschiedene Beobachter bei rotem und grünem Licht gemacht. Die individuellen Fehler beim Flimmerphotometer betrugen 13%. Bei einer Beleuchtung von weniger als 1 Lux wurde von beiden Beobachtern ein umgekehrtes Purkinjesches Phänomen festgestellt. Beim Vergleichsphotometer wurde ein normales Purkinjesches Phänomen beobachtet, mit und ohne Anwendung von Kontrastflächen. Die Empfindlichkeit des Flimmerphotometers betrug nur 0,5 bis 0,9% und war geringer als die des Vergleichsphotometers; bei starker Beleuchtung verschwanden die Beobachtungsfehler.

Pfund[3]) untersuchte das Verhalten einer Selenzelle und fand, daß sie streng nur für die Messung einfarbigen Lichtes verwendbar ist; außerdem soll das auffallende Licht stets die gleiche Lichtstärke besitzen. Beim Vergleichen verschiedener Lichtstärken wird am besten mit dem rotierenden Sektor abgeblendet.

Rumi[4]) gab einen neuen Apparat zum Messen der Beleuchtung an, der im wesentlichen aus einem Lummer-Brodhunschen Photometer, einer kleinen Vergleichslampe und einem drehbaren Beobachtungsschirm besteht, der die zu messende Beleuchtung empfängt. Bei schwachen Beleuchtungen kann der Schirm durch einen Spiegel ersetzt werden.

Krüß[5]) untersucht den Rauchglaskeil als photometrische Schwächungseinrichtung.

Bloch[6]) gibt ein einfaches Verfahren zur zahlenmäßigen und graphischen Darstellung der Bestimmung der Farbe künstlicher Lichtquellen an. Es wird für jede Lichtquelle das Verhältnis des roten Lichtes zum grünen Licht und des blauen Lichtes zum grünen Licht durch drei Messungen mit dem Photometer ermittelt und die so erhaltenen Verhältniszahlen werden zur Kennzeichnung der Lichtfarbe benutzt, wobei das Tageslicht bei bedecktem Himmel als Einheit angenommen wurde. Alle gebräuchlichen Lichtquellen wurden in dieser Weise gemessen. Das Verfahren läßt sich auch für die zahlenmäßige Darstellung der Farben beliebiger Stoffe anwenden. Jasse[7]) zeigt, daß zur Kennzeichnung der farbigen Lichtquellen die als Maxwellsches Farbendreieck bekannte Darstellungsart ganz besonders geeignet ist, da sie in sehr übersichtlicher Weise die Farbe der künstlichen Lichtquellen zu beurteilen erlaubt.

[1]) Lorenz, El. World Bd 61, S 932. — [2]) Luckiesh, El. World Bd 61, S 620. — [3]) Pfund, Helios 1913, S 4. — [4]) Rumi, Z. Beleuchtungswesen Bd 36, S 438. — [5]) Krüß, Z. Instr.-Kunde 1913, S 339. — [6]) Bloch, ETZ 1913, S 1306. — [7]) Jasse, ETZ 1913, S 1454.

XVI. Elektrochemie.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Theorie. Allgemeines. Das Grundgesetz der Elektrolyse, das Faradaysche Gesetz, ist von E. Cohen[1]) auf seine Gültigkeit bei sehr hohen Drucken



geprüft worden. Er ließ durch den gleichen Strom in zwei gleichgestalteten Koulometern Silber abscheiden; das eine Koulometer stand unter Atmosphärendruck, das andere war in eine Bombe eingeschlossen. Cohen stellte fest, daß unter 500, 1000 und 1500 Atm. genau ebensoviel Silber abgeschieden wurde, wie bei gewöhnlichem Druck. G. Bruni und G. Scarpa[2]) haben ferner die Gültigkeit des Faradayschen Gesetzes auch bei der Elektrolyse einer festen Substanz bestätigt. Sie elektrolysierten regulär kristallisiertes Jodsilber zwischen Silberelektroden und fanden, daß der Gewichtsverlust der Anode innerhalb der Fehlergrenzen der Theorie entsprach. Eine etwaige metallische Leitung des elektrischen Stromes war also nicht zu bemerken. Der Gewichtszuwachs der Kathode ließ sich nicht so genau bestimmen, weil die abgeschiedenen Silberdendriten sich leicht von ihr ablösten und sich dann zum Teil der Wägung entzogen.

Leitvermögen wäßriger Lösungen. Harry C. Jones hat seine ausgedehnten Untersuchungen weitergeführt. Mit S. F. Howard[3]) zusammen hat er die Leitfähigkeit zahlreicher Salze bis 65° aufwärts bestimmt und daraus die Temperaturkoeffizienten und die Dissozationsgrade berechnet. Mit E. J. Shaeffer[4]) hat er eine weitere Anzahl anorganischer Salze untersucht und seine Regel, daß Salze, welche viel Wasser binden, auch einen großen Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit besitzen, von neuem bestätigt gefunden.

Für Doppelsalze fand Jones[3]) die Leitfähigkeit im allgemeinen kleiner als sich aus den Leitfähigkeiten ihrer Bestandteile berechnet. A. Woitaschewski[5]) hat nun untersucht, wie sich die Leitfähigkeit solcher Salzgemische, welche in festem Zustande Doppelsalze bilden, z. B. Chlormagnesium und Chlorkalium, mit der Zusammensetzung des Gemisches ändert. Er fand einen stetigen Verlauf der Leitfähigkeitskurve. Bei Gemischen, welche in Lösung Komplexe bilden, z. B. Kadmiumjodid und Kaliumjodid, ist die Leitfähigkeitskurve gegen die Konzentrationsachse konkav.

Mit A. Springer jun.[6]) hat Jones die Leitfähigkeit zahlreicher organischer Säuren zwischen 0° und 65° bei Verdünnungen von 32 bis 2048 gemessen. Die Temperaturkoeffizienten sind im allgemeinen klein, sie steigen erheblich mit der Verdünnung und fallen mit wachsender Temperatur.

Leitvermögen nichtwäßriger Lösungen. Auf diesem fast unerschöpflichen Gebiete ist auch 1913 fleißig gearbeitet worden. Im allgemeinen gelten die Regeln, daß Lösungsmittel mit hoher Dielektrizitätskonstante auch stark elektrolytisch dissoziierte Lösungen (die also die Elektrizität gut leiten) ergeben, und daß das Produkt aus dem Grenzwert, welchem die Äquivalentleitfähigkeit bei zunehmender Verdünnung zustrebt und der inneren Reibung (Zähigkeit) der Lösung konstant ist. Diese Regeln haben aber auch Ausnahmen; z. B. stellten W. Plotnikow und W. Rokotjan[7]) fest, daß Bromkalium in Brom nicht leitet, während Jod im gleichen Lösungsmittel ziemlich gut leitende Lösungen gibt. Demnach sind die Wechselbeziehungen zwischen Lösungsmittel und gelöster Substanz maßgebend, nicht nur eine physikalische Eigenschaft des Lösungsmittels.

Je reiner die Lösungen, im besondern je sorgfältiger sie von Feuchtigkeit befreit sind, um so schlechter pflegen sie in vielen Fällen zu leiten. In manchen Fällen verschwindet sogar das Leitvermögen bei völliger Trocknung ganz. Dies haben z. B. L. Bruner und A. Galecki[8]) für Lösungen von Brom in Nitrobenzol oder in flüssigem Schwefeldioxyd bewiesen. Damit werden auch die früher gern angestellten Erwägungen hinfällig, in welche Ionen das Brommolekül wohl zerfallen könnte. Auch die Leitfähigkeit der reinen Flüssigkeiten sinkt um so mehr, je sorgfältiger Verunreinigungen entfernt werden. Jacques Cavallo[9]) konnte z. B., indem er längere Zeit Strom hindurchschickte, die Leitfähigkeit des flüssigen Ammoniaks bis auf weniger als $5 \cdot 10^{-10}$ erniedrigen.

Elektrodenpotentiale. Auf Umwegen hat A. Fischer[10]) das Normalpotential des Wolframs zu 0,6 V, das des Urans zu 0,23 V ermittelt, während G. N. Lewis und F. G. Keyes[11]) für Lithium 3,0 V fanden. Auf sinnreiche

Weise hat G. v. Hevesy[12]) die Spannungsreihe der Radioelemente festzustellen unternommen, indem er eine Metallplatte in eine normale Lösung ihres Salzes tauchte, welche zwei Radioelemente enthielt und das Verhältnis, in welchem diese sich abschieden, mit dem Elektrometer bestimmte. Er fand, daß die Spannungsreihe der Radioelemente Metalle von stark elektropositivem wie von stark negativem Charakter einschließt und ähnliche Abstufungen wie die Reihe der gewöhnlichen Metalle aufweist. Am positivsten sind Radium, Thorium X, Aktinium X, Mesothorium I; dann folgen Thorium usw., den Schluß bildet als negativstes Element Radium F. Jede Atomumwandlung hat zur Folge, daß das zurückbleibende Atom an eine Stelle der Spannungsreihe gerät, welche von der Stelle des Mutterelementes weit entfernt ist.

Passivität. Ebenso wie Eisen können auch andere Metalle unter besonderen Umständen die Eigenschaften edler Metalle annehmen und ein entsprechend edles Potential zeigen. Für Wolfram hat A. Fischer[13]) diese Erscheinung in verschiedenen Flüssigkeiten messend verfolgt. Er maß als unedelstes Potential — 0,67 V in Natronlauge, als edelstes Potential + 1,01 V in einem Gemisch von Chromsäure und Schwefelsäure. Diese Grenzen liegen weiter auseinander, als Muthmann und Fraunberger seinerzeit angaben.

Durch ein so starkes Oxydationsmittel, wie Chromsäure, wird auch Eisen passiv, besonders wenn es zur Anode eines elektrischen Stromes gemacht (anodisch polarisiert) wird. H. G. Byers und F. T. Voris[14]) haben geprüft, ob sich diese Erscheinung zum Schutze von Dampfkesseln verwenden läßt. Sie fanden, daß Eisen als Anode in Bichromatlösung, deren Konzentration nicht höher als 0,125 zu sein braucht, selbst bei der Temperatur des Dampfkessels nicht angegriffen wird. Wenn aber das Wasser mäßige Mengen von Kochsalz enthält, so muß die Bichromatmenge ungefähr 40 mal so groß sein wie die des Kochsalzes. Natriumsulfat in mäßiger Konzentration erfordert nur die gleiche Menge Bichromat. Die anodische Stromdichte braucht nur klein zu sein. Karbonate und Bikarbonate scheinen die Passivierung nicht zu beeinträchtigen.

Das **Rosten** des Eisens wird heutzutage mit Vorliebe als rein elektrochemischer Vorgang hingestellt. „Lokalelemente“ sollen die Hauptrolle spielen, indem zwischen den Verunreinigungen des technischen Eisens, z. B. Kohlenstoff, und dem Eisen selbst elektrische Ströme auftreten, bei denen das Eisen als der unedlere Bestandteil (entsprechend dem Zink des Zink-Kohlenelementes) in Lösung geht. Nach dieser Theorie dürfte chemisch reines Eisen, wie es durch elektrolytische Abscheidung und nachfolgendes Ausglühen im Vakuum (um den im Elektrolyteisen enthaltenen Wasserstoff auszutreiben) gewonnen wird, überhaupt nicht rosten. Tatsächlich rostet es aber ebenso gut wie gewöhnliches Eisen, sobald nur Wasser und Luftsauerstoff hinzutreten können. In Wirklichkeit wird der Fortschritt des Rostens in erster Linie durch die Eigenschaften der Oxydhaut bedingt, welche auch das blankeste Eisen sofort an der Luft überzieht. Je besser diese Schutzhaut das darunterliegende Eisen abdeckt, um so weniger rostet es; je rascher Luft und Wasser durch die Oxydschicht hindurch an das Eisen herandiffundieren können, um so rascher wird es zerstört. Weil die erste Oxydationsstufe des Eisens, das Eisenoxydul im Wasser nicht unlöslich ist, so hindert Nässe die Ausbildung einer zusammenhängenden Schutzdecke. Zink und Aluminium sind in dieser Hinsicht besser daran, weil sie nur eine einzige Oxydationsstufe besitzen, die in Wasser unlöslich ist und auch nicht, wie das Eisenoxydul, durch wechselnde Oxydation und Reduktion als Sauerstoffüberträger dienen kann.

Die Abhandlungen über Korrosion sind Jahr für Jahr zahlreich, bringen aber meist wenig Neues. Aus dem Berichtsjahr will ich nur die Veröffentlichung von E. Liebreich und F. Spitzer[15]) über die Entstehung des Rostes unter Schutzanstrichen erwähnen. Die Verfasser hatten die merkwürdige Beobachtung gemacht, daß bei allen von ihnen untersuchten Farben, mit Ausnahme einer, welche alkalische Zusätze enthielt, das Eisen um so stärker rostete, je mehr Anstriche aufgetragen waren. Sie nahmen zur Erklärung elektrochemische

Vorgänge zwischen dem Farbstoff und dem Eisen an. G. Pfleiderer[16]) zeigte aber, daß diese Überlegungen zu Widersprüchen führen, was freilich Liebreich und Spitzer bestreiten.

Vorgänge an den Elektroden. D. Reichinstein[18]) hat seine eigenartigen Untersuchungen über die Vorgänge an den Elektroden fortgesetzt und seine Theorie, nach welcher sich an der Anode eine Legierung zwischen Metall und Sauerstoff, an der Kathode zwischen Metall und Wasserstoff bildet, unverdrossen weitergeführt. Innerhalb dieser hypothetischen Legierung werden nach seiner Ansicht an der Kathode die Metallionen langsam reduziert; hierin liegt die Ursache der kathodischen Polarisation, welche Reichinstein an Kupferelektroden in Kupfersulfatlösung nachgewiesen hatte. Einführung von fremden Metallen, z. B. Zink (wenn Zinksulfat dem Elektrolyt zugesetzt ist) oder Quecksilber (wenn die Elektrode amalgamiert ist), verzögert jene Reduktion, indem das fremde Metall Kupfer aus der hypothetischen Legierung verdrängt, und vergrößert deshalb die Polarisation. Schließlich sieht sich Reichinstein zu der kühnen Behauptung veranlaßt, daß in wäßrigen Lösungen der elektrische Strom lediglich durch die Ionen des Wassers überführt wird. Man wird abwarten müssen, ob und wie Reichinstein sich aus allen Schwierigkeiten herausfindet.

Elektromotorische Kraft. Feste Substanzen reißen oft aus Lösungen durch Adsorption Salze an sich, und zwar adsorbieren sie nicht selten das Kation stärker als das Anion des betreffenden Salzes oder umgekehrt. Wenn das Kation stärker adsorbiert wird, so lädt sich dadurch die „feste Phase" positiv, durch bevorzugte Adsorption des Anions, dagegen negativ elektrisch gegen die Flüssigkeit. Emil Baur[19]) hat diese Erscheinung zum Aufbau einer Voltaschen Säule folgendermaßen benutzt. Er rührte aus Rizinusöl und Lanolin eine Salbe zusammen; ferner bereitete er gelatinierte Lösungen von Strychninsulfat und von Fluoreszein mit etwas Soda. Aus der Gelatine schnitt er runde Scheiben von 3 bis 4 mm Dicke, legte je eine Fluoreszein- und eine Strychningelatinescheibe wie eine Geldrolle an einander, indem er jedes Scheibenpaar vom Nachbar durch eine Pappscheibe trennte, die auf beiden Seiten mit der beschriebenen Salbe dick bestrichen war. Die Enden der Säule wurden von zwei amalgamierten Zinkplatten gebildet. Die Salbe adsorbiert auf der einen Seite das Strychninkation, auf der anderen Seite das Fluoreszeinanion. Eine Säule von 13 Paaren gab frisch nach dem Zusammenstellen 0,24 V; die Spannung fiel allmählich und verschwand nach 1 bis 2 Tagen, wenn die beiden Salze in der Gelatine sich durch Diffusion vermischt hatten. Mit dieser eigenartigen Säule sucht Baur den Bau des quergestreiften Muskels und das elektrische Organ gewisser Fische nachzuahmen; er sieht in ihr ein Modell für die Art, in welcher die tierische Elektrizität zustande kommt, die nach seiner Meinung auf Ionenadsorption beruht.

O. Sackur[20]) hat Konzentrationsketten mit geschmolzenem Chlorkalium oder Chlornatrium als Lösungsmittel gebaut. Er fand, als er Silberchlorid oder Kupferchlorür als gelöste Substanz benutzte und die Konzentrationen in weiten Grenzen änderte, die EMK geradenwegs dem Logarithmus des Konzentrationsverhältnisses proportional; daraus folgert er, daß hier der Dissoziationsgrad der gelösten Salze von der Verdünnung unabhängig ist. Als er eine Kupferelektrode in Kupferchlorürlösung gegen eine Silberelektrode in Silberchlorürlösung schaltete, fand er eine EMK von 0,28 V, also in geschmolzenem Chlorkalium bei 800° fast die gleiche Potentialdifferenz wie in Wasser als Lösungsmittel bei Zimmertemperatur (0,29). Sackur schließt daraus, daß auch der Unterschied der Lösungsdrucke, welche Silber und Kupfer besitzen, vom Lösungsmittel und von der Temperatur unabhängig ist.

[1]) E. Cohen, Z. phys. Chem. Bd 84, S 83. — [2]) Bruni u. Scarpa, Atti R. Acc. Lincei Bd 22, I, S 438. — [3]) H. C. Jones u. Howard, Am. Chem. Journ. Bd 48, S 500. — [4]) H. C. Jones u. Shaeffer, Am. Chem. Journ. Bd 49, S 207. — [5]) Woitaschewski, Journ. Russ. Phys. Chem. Ges. Bd 43, S 1429. — [6]) H. C. Jones u. Springer, Am. Chem. Journ. Bd 48, S 411. — [7]) Plotnikow u. Rokotjan, Journ. Russ. Phys. Chem. Ges. Bd 45, S 193. —

[8]) Bruner u. Galecki, Z. phys. Chem. Bd 84, S 513. — [9]) Cavallo, Comptes Rendus Bd 156, S 1755. — [10]) A. Fischer, Z. anorgan. Chem. Bd 81, S 170. — [11]) Lewis u. Keyes, Journ. Am. Chem. Soc. Bd 35, S 340. — [12]) Hevesy, Z. Elchemie Bd 19, S 291. — [13]) A. Fischer. Z. anorgan. Chem. Bd 81, S 192. — [14]) Byers u. Voris, J. Amer. Chem. Soc. Bd 34, S 1368. — [15]) Liebreich u. Spitzer, Z. Elchemie Bd 19, S 295. — [16]) Pfleiderer, Z. Elchemie Bd 19, S 507. — [17]) Liebreich u. Spitzer, Z. Elchemie Bd 19, S 510. — [18]) Reichinstein, Z. Elchemie Bd 19. S 500. — 672, 914. — [19]) Baur, Z. Elchemie Bd 19, S 599. — [20]) Sackur, Z. phys. Chem. Bd 83, S 305.

XVII. Elektrophysik.

Elektrophysik. Von Dr. W. Block, Charlottenburg. — Elektrobiologie und Elektromedizin. Von Dr. med. Ad. Schnée, Frankfurt a. M.

Elektrophysik.

Von Dr. Walter Block.

Allgemeines. Elektrodynamik. Die Probleme der Relativitätstheorie beziehen sich im Berichtsjahr im wesentlichen auf ihren Zusammenhang mit der allgemeinen Gravitation. Von den vorliegenden Theorien kommt für uns zunächst die von M. Abraham[1]) in Frage, die auf eine enge Analogie zwischen Gravitation und Elektromagnetismus verzichtet, ohne aber die wesentlichsten Anschauungen der Maxwellschen Theorie aufzugeben, nämlich: die Grundgesetze müssen Differentialgleichungen sein, welche die Erregung und Fortpflanzung des Schwerefeldes beschreiben, dem eine positive Energiedichte und ein Energiestrom zukommt. Er findet, daß das Newtonsche Gesetz nicht streng richtig sein kann, daß es vielmehr neben dem Glied $\frac{1}{r^2}$ noch eines mit $\frac{1}{r^3}$ enthalten muß und daß Licht mit seinen transversalen Wellen gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit wie die Schwere mit longitudinalen haben muß. Die zweite bemerkenswerte Theorie ist die von G. Nordström[2]), die sich in der Hauptsache mit dem Problem beschäftigt, wie die Trägheit eines Körpers durch seine Umgebung beeinflußt wird. An ihn schließt sich teilweise A. Einstein an, der bedeutendste der heutigen Vertreter der Relativitätstheorie, in einer gemeinsam mit A. Großmann verfaßten Abhandlung[3]). Es ist für diejenigen, die nicht ständig die Entwicklung aller dieser Dinge verfolgen, äußerst schwer, sich in die Gedankengänge der Relativitätstheorie einzuarbeiten, es sei daher auf die neu erschienenen, allgemeinen, umfassenden Darstellungen von M. Laue[4]) und M. B. Weinstein[5]) verwiesen, sowie auf einen Aufsatz von E. Gehrke[6]) mit einer Diskussion von ihm mit M. Born. Von hieran anschließenden Arbeiten sei eine von W. de Sitter[7]) erwähnt, die sich mit der Frage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit beschäftigt, was ja zum Teil von der Relativitätstheorie abgelehnt wird; er erklärt es aber aus astronomischen Gründen als unzulässig. Jedenfalls ist hier ein Weg gegeben, diese Frage experimentell nachzuprüfen. Bei einer andern Gelegenheit, bei der Radioaktivität, ist etwas derartiges ebenfalls möglich. Da nach dem Einsteinschen Satz jede Änderung der inneren Energie eines Körpers mit einer Änderung seiner Masse verbunden ist, so müßte nach R. Swinne[8]) sich bei den α-Strahlern der Radioelemente das aus Atomgewichtsbestimmungen gegebenenfalls bestätigen lassen. Beim Radium F würde es bei einem Grammatom 0,023 % Änderung sein, ein Betrag, der sich in der zweiten Dezimale des Atomgewichts bemerkbar macht, also nicht ohne weiteres außerhalb der Grenze der Meßgenauigkeit liegt.

Über die Atomstruktur der Elemente liegt eine sehr interessante Arbeit von J. W. Nicholson[9]) vor, der im Anschluß an das Thomsonsche Atommodell Spekulationen aufstellt, in welcher Weise etwa alle Elemente aus wenigen

Urelementen zusammengesetzt sein könnten; für diese nimmt er vier an: Coronium, Wasserstoff, Nebulium und Protofluor; sie besitzen zwei, drei, vier und fünf Elektronen und die notwendige positive Elektrizität, um das Atom zu neutralisieren. Es gelingt ihm, aus diesen vier Elementen gerade die bekannten mit kleinem Atomgewicht herzuleiten, auch sogar Spektrallinien zu berechnen, die jene besitzen müßten und die auch größtenteils bekannt sind. Man vergleiche damit auch einen allgemeinen Aufsatz von K. Fajans[10]). Mit einer Formel der Maxwellschen Theorie, deren bekannte Darstellung in dem Lehrbuch von P. Drude: „Physik des Äthers auf elektromagnetischer Grundlage", in einer Neuauflage, von W. Koenig bearbeitet, zum Schluß des Jahres 1912 erschienen ist, beschäftigt sich A. Occhialini und P. Bodareu[11]), nämlich mit der quadratischen Beziehung zwischen Dielektrizitätskonstanten und Brechungsexponent, und zwar bei Luft bis zu 200 Atm. Jene steigt dabei von 1,0357 bei 60 Atm. bis auf 1,1053 bei 175 Atm. Die Beziehung konnte mit Hilfe der bekannten Brechungsexponenten nachgeprüft werden und lieferte eine vollständige Bestätigung. Die Ausdrücke $\frac{k-1}{(k+2)d}$ und $\frac{k-1}{d}$ sind innerhalb des ganzen Intervalls auf 1% konstant.

Den schon mehrfach gemachten Versuch, ein etwaiges materielles Gewicht der Elektrizität nachzuweisen, wiederholen P. G. Agnew und W. C. Bishop[12]) indem sie Gewichtsänderungen eines Kondensators von 10 Mikrofarad beim Laden mit 240 V und Entladen nachzuweisen versuchen. Eine solche Gewichtsänderung lag aber unter einem Hundertmillionstel, bei etwa 1 kg Gesamtgewicht. Auch Bewegungsimpulse beim Laden und Entladen wurden mit fast negativem Erfolg, d. h. in keiner sicher meßbaren Größe, festzustellen versucht.

Über den Halleffekt ist mehrfach gearbeitet worden. A. E. Oxley[13]) versuchte, ihn in Elektrolyten messend zu verfolgen, was insofern Schwierigkeiten bietet, als neben ihm Änderungen der Ionenkonzentration eintreten, die ihrerseits Potentialänderungen verursachen. Dieser Hallkonzentrationseffekt verursachte den größten Teil der Potentialdifferenz; im Vergleich zu ihm verschwand der eigentliche Halleffekt und war nicht meßbar. Jener folgte jedenfalls den theoretisch erwarteten Gesetzen. H. Alterthum[14]) untersuchte ihn bei tiefen Temperaturen bei Metallen, wobei er aber bestimmte Gesetzmäßigkeiten nicht feststellen konnte. Die bisherigen Versuche, den Effekt in Übereinstimmung mit der Elektronentheorie durch eine Wirkung des Feldes auf die freien Elektronen zu erklären, können nicht von den Verschiedenheiten des Vorzeichens Rechenschaft ablegen. Auch müßte ja der Halleffekt bei tiefen Temperaturen, weil dort die Leitfähigkeit und daher die Geschwindigkeit der Elektronen stark ansteigt, merklich größer werden, was offenbar nicht der Fall ist. Bei flüssigen Metallen existiert vermutlich ein Halleffekt überhaupt nicht. In einem gewissen Gegensatz dazu finden J. Koenigsberger und G. Gottstein[15]), daß der Halleffekt in die Elektronentheorie der Metalle hineinpaßt, insbesondere ergibt sich klar der Zusammenhang zwischen Größe der Leitfähigkeit und Elektronenzahl. Seine Konstante beim isothermen Effekt, dividiert durch den Widerstand des Materials, ist nahezu konstant.

Elektrostatik. Mit dem Voltaeffekt, dem Auftreten von Potentialdifferenzen bei Berührung zweier verschiedener Metalle miteinander, beschäftigt sich H. Conrad[16]). Bei Messungen an einem Kondensator mit veränderlichem Plattenabstand kann er nachweisen, daß eine Änderung des Kontaktpotentials mit einer Änderung des Plattenabstandes parallel geht. Die Kontakttheorie des Voltaeffekts, die eine Ladung der Platten bei gegenseitiger Berührung annimmt, vermag das nicht zu erklären, wohl aber die chemische Theorie, die das Entstehen von Potentialdifferenzen in diesem Falle auf die Bildung von Oberflächenschichten von Oxyden oder Wasser zurückführt. Im Zusammenhang mit jenen Erscheinungen steht auch das Auftreten der Balloelektrizität, früher von Lenard als Wasserfallelektrizität bezeichnet, die C. Christiansen[17]) genauer

untersucht; sie entsteht beim Auftreffen von Flüssigkeitstropfen auf feste Wände. Verschiedene Flüssigkeiten verhalten sich verschieden, je nach den festen Körpern, auf die sie auftreffen; am geeignetsten sind Elektroden aus Platin.

Mit den theoretisch interessanten Erscheinungen im statischen Wechselfeld beschäftigt sich C. Becker[18]). Werden nämlich in ein solches Feld zylindrische Metallkörper gebracht, so ergibt sich als Resultante ein Drehfeld mit bestimmtem Drehsinn, der aber nach den Ergebnissen von v. Lang je nach der Dicke dieser Zylinder sich ändert. Eine genauere theoretische und experimentelle Untersuchung mit Ellipsoiden, die einer rechnerischen Behandlung besser zugänglich sind als Zylinder, zeigt, daß diese Änderung des Drehsinns nicht eintritt, sondern nur durch die damalige Art der Aufstellung der Zylinder auf Isolatoren und die auftretenden Ausgleichsströme bedingt war. Bei Ausschaltung dieses Einflusses ergab sich stets der gleiche Drehsinn.

Eine eminent praktische Frage, nämlich die nach dem Blitzschutz von Gebäuden, insbesondere solchen mit sehr leicht entzündlichem Inhalt, behandelt F. Neesen[19]), und zwar experimentell, indem er durch Transformation Spannungen bis zu 3000 mm Funkenlänge verwendete. Für den Schutzkreis eines Blitzableiters bzw. eines Systems von Auffangstangen ergab sich eine parabolische Formel. Eine Vermehrung der Stangen bewirkte eine Vergrößerung des Kreises. Die vor Blitzschlägen zu schützenden Teile des Gebäudes sollen nicht ohne weiteres, wenn sie elektrisch leitend sind, an Erde gelegt werden. Von größerer Wichtigkeit ist, daß höhere Potentialdifferenzen durch kurze leitende Verbindungen dieser Teile mit dem eigentlichen Blitzableiter vermieden werden. Zum Abfangen des Schlages muß stets eine besondere Fangvorrichtung vorhanden sein. Ein besonderer Schutz nach Art eines Faradayschen Käfigs ist in Verbindung mit jener Fangvorrichtung zweckmäßig.

Thermoelektrizität. F. Fischer, R. Lepsius und E. Baerwald[20]) untersuchen die Thermokraft von verschiedenen käuflichen Siliziumsorten gegen Kupfer. Alle diese besaßen entweder sehr hohe positive oder sehr hohe negative Thermokraft. Es ist auf verschiedene Weise möglich, diese beiden Arten von Silizium durch Schmelzprozesse ineinander überzuführen. Silizium, das kein Siliziumoxyd enthält, ist anscheinend gegen Kupfer thermoelektrisch positiv. Durch Aufnahme des Oxyds wird es negativ. Schmilzt man es mit basischen Substanzen, wie Magnesia, Kalk usw., so entziehen diese ihm seinen Gehalt an Oxyd, und es wird thermoelektrisch wieder positiv. Kombiniert man positiv und negativ thermoelektrisches Silizium geeignet miteinander, so kann man leicht Thermoelemente herstellen, die eine Spannung von 1000 μV für einen Grad Temperaturunterschied geben.

Elektrische Leitung. Von experimentellen Arbeiten sei zunächst eine von D. E. Roberts[21]) über den Widerstand von Graphit erwähnt. Dieser wird ähnlich wie der von Wismut durch magnetische Felder merklich verändert. Indessen wird es nicht möglich sein, ihn wie diesen zur Messung magnetischer Kräfte zu verwenden, da einmal seine Struktur und seine mechanischen Eigenschaften, sodann aber besonders sein hoher Temperaturkoeffizient des Widerstandes die Anwendung stark beeinträchtigen. Mit ähnlichen Problemen beschäftigt sich eine Arbeit von C. W. Heaps[22]). Für para- und diamagnetische Metalle verursacht transversales magnetisches Feld eine stärkere Vergrößerung des Widerstandes als ein longitudinales. Bei kleinen Feldstärken ist das Anwachsen des Widerstandes proportional dem Quadrat des Feldes. Kristalle von Bleisulfid verhalten sich wie isotropes Metall para- oder diamagnetischer Art. Der Widerstand von Eisenpyriten bleibt im magnetischen Feld unverändert, der Widerstand von Molybdenit nimmt stets ab, unabhängig von der Richtung des Feldes. Das Verhalten von Magnetit beweist, daß er eine besondere innere Struktur hat. Er hat verschiedene Eigenschaften in Richtungen verschiedener Achsen, auch wenn Feldstärken angewendet werden, die mehr wie ausreichend sind, um magnetische Sättigung hervorzurufen. Man kann sagen, daß für nichtmagnetische Stoffe, die in regulärer Form kristallisieren, die Kristallstruktur

keinen Einfluß auf den Widerstand im magnetischen Feld hat. Für ferromagnetische Metalle ist der kristallinische Charakter von Bedeutung, und die Anordnung der kleinen Kristalle in einem größeren kann eine Änderung des Widerstandes bei Magnetisierung veranlassen.

In manchen Fällen ist es zweifelhaft, ob die Leitung in einem Körper metallischer oder elektrolytischer Art ist, so z. B. in gewöhnlichem Silikatglas. Das untersucht R. Ambronn[23]) genauer, und zwar mittels Gleichstroms, der im Kristall selbst dauernd periodisch kommutiert wird. Seine Versuche ergaben, daß die Leitung elektrolytischer Art ist. In manchen Fällen ist es möglich, wie J. Koenigsberger[24]) nachweist, mittels der Lichtemission der betreffenden Körper den Beweis zu führen. Nach seinen theoretischen und experimentellen Untersuchungen fangen metallisch leitende Körper etwa an der roten Grenze des sichtbaren Spektrums an, durchsichtig zu werden.

Zur Behandlung der Fragen über die Leitung in Dielektrizis leitet uns eine umfangreiche Untersuchung von J. A. Fleming und G. B. Dyke[25]) über, die ihr Verhalten bei Gleichstrom und hochfrequenten Wechselströmen, insbesondere mit Rücksicht auf Temperatureinflüsse, untersuchen. Alle untersuchten Stoffe besitzen eine Leitfähigkeit, die für Wechselströme bedeutend größer ist als für Gleichströme. Die Wechselstromleitfähigkeit wächst bei ansteigender Temperatur, abgesehen von Kautschuk und Guttapercha, wo in bestimmten Bereichen ein entgegengesetztes Verhalten zu beobachten ist. Bei Mikanit und trockenem Papier ist zwischen 0^0 und 60^0 keine Widerstandsänderung zu beobachten. Man kann die Wechselstromleitfähigkeit durch die Formel $\sigma = a + b \cdot n$ darstellen, wobei a und b von der Temperatur abhängig sind. Die Größe a wird stets durch mancherlei Ursachen verändert, insbesondere Feuchtigkeit. Dieser Teil der Leitfähigkeit ist anscheinend elektrolytischer Art und entspricht wohl der Gleichstromleitfähigkeit, während der zweite, von der Frequenz abhängige Teil, die Folge eines Energieverlustes ist, vielleicht analog der Hysterese in Eisen. Die Dielektrizitätskonstante ist für Wechselstrom meistens kleiner als für Gleichstrom, größer ist sie niemals. Der Leistungsfaktor eines Kondensators aus solchen Dielektrizis ist für Mikanit und trockenes Papier von der Frequenz und Temperatur unabhängig; sonst wächst er mit der Temperatur und nimmt mit der Frequenz ab. Bei einigen Dielektrizis kann man eine Temperatur finden, bei der Leistungsfaktor und Wechselstromleitfähigkeit Wendepunkte besitzen.

Die elektrische Leitfähigkeit von amorphem Schwefel erinnert, wie M. Pigulewski[26]) zeigt, ein wenig an die von Selen, da sie bei Belichtung mit ultraviolettem Licht ($\lambda < 280$ mμ) eine Zunahme aufweist.

Eine interessante, mehrfach untersuchte Eigenschaft von Dielektrizis ist die sog. dielektrische Ermüdung, über die z. B. W. Holttum[27]) gearbeitet hat. Diese, d. h. also die Abnahme der dielektrischen Festigkeit nach längerer elektrischer Belastung, ist bei Hartgummi und Preßspan zu vernachlässigen. Die Spannung, die z. B. ein Stück Hartgummi für den Bruchteil einer Sekunde aushalten kann, ist nur um ca. 28% höher als eine lange andauernde Belastung.

Was die Praxis solcher Messungen angeht, so werden diese merklich durch Oberflächenleitung erschwert; bei Frequenzen von 0 bis 42, weist G. L. Addenbroke[28]) nach, ist diese Leitfähigkeit stark davon abhängig, so daß sich bei Glas und Hartgummi bisweilen das Verhältnis von Gleichstrom- zu Wechselstromwiderstand zu 1: 50 ergab. Im Anschluß daran bestimmt A. für Frequenzen von 4—5000 den Verlust für 1 Periode, der bei Gleichstrom bis zu 40 Perioden in der Sekunde abnimmt, dann aber konstant bleibt.

Von den Theorien über Dielektrika ist im JB 1912, S 201 die Theorie von Debye genauer erwähnt, mit ihrer Annahme der Existenz von elektrischen Dipolen in ihnen. Den Nachweis einer solchen Existenz sucht für flüssige Dielektrika S. Ratnowski[29]) zu erbringen, indem er qualitativ die Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten von der Feldstärke bestimmt, woraus er die angenäherte Größe des elektrischen Moments der Dipole und ihre Zahl berechnen

kann, Ergebnisse, die mit den von Debye theoretisch gefundenen brauchbar zusammenstimmen. Im Gegensatz zu dieser Theorie schließt sich T. Bialobjeski[30]) an die Theorien von Maxwell und Heß an, nach denen im Innern von Dielektrizis eingebettete Körnchen leitender Substanz vorhanden sein sollen. Die Leitung soll durch Ionenbewegung zustande kommen. Von besonderer Wichtigkeit ist das Verhalten der Grenzschichten zwischen leitender Substanz und Dielektrikum. Es bilden sich da verschiedene Schichtungen aus, bei denen die Elektrizität bald als Leitungsstrom, bald als Verschiebungsstrom fließt. Nach solchen Annahmen läßt sich eine mathematische Theorie formulieren, die, angenähert mit der Erfahrung zusammenstimmend, indessen noch einer Erweiterung und Verallgemeinerung bedarf. Endlich gibt K. W. Wagner[31]) eine Theorie der unvollkommenen Dielektrika, nach der die Anomalien dieser, wie Nachladung, Rückstandsbildung, Energieverluste im Wechselfeld, überwiegend von dielektrischer Nachwirkung herrühren. Wenn man das Abklingen der Nachwirkung durch eine Reihe von Exponentialgliedern, wie es schon v. Schweidler vorgeschlagen hat, ansetzt, bringt man die Theorie in Übereinstimmung mit der Wiechertschen Theorie der elastischen Nachwirkung. Es ergibt sich eine brauchbare Übereinstimmung mit der Erfahrung, die Theorie bedarf indessen noch vielfacher Nachprüfung.

Wechsel- und Induktionsströme. Die übliche Erklärungsweise der Wirksamkeit eines Hörnerblitzableiters ist, wie H. Greinacher[32]) zeigt, unzutreffend, da ein solcher auch in umgekehrter Stellung arbeitet. Vielmehr kommt die Wirkung durch die elektromagnetischen Einflüsse der benachbarten Leiterteile zustande.

Mit den Eigenschaften von Drahtspulen beschäftigen sich zwei Arbeiten. R. Lindemann und W. Hüter[33]) untersuchen genauer den Einfluß des Skineffekts, der sich bei Bändern geringer als bei Drähten erweist, gleiche Querschnitte vorausgesetzt. Flachspulen sind mit Rücksicht auf ihren Widerstand bei schnellen Schwingungen ungünstiger als Zylinderspulen. Auch zwischen kurzen und langen Spulen treten merkliche Unterschiede auf, die durch die Verschiedenheiten der Verteilung des magnetischen Feldes zu erklären sind. Für die praktische Widerstandsberechnung solcher Spulen wird eine einfache Formel für die Abhängigkeit von der Wellenlänge mitgeteilt, indessen sind die bisher vorliegenden Messungen noch nicht ausreichend, die Größen der beiden darin vorkommenden Konstanten für alle Fälle zu bestimmen. Die Kapazität von Spulen, die bei einlagigen außerordentlich gering ist, kann, wie W. Rietz[34]) zeigt, nach der Drudeschen Formel sehr gut berechnet werden. Zweilagige Spulen haben eine Maximalkapazität, die mit Vergrößerung der Lagenzahl abnimmt. Es besteht nur eine angenäherte Proportionalität der Kapazität mit der Länge, aber anscheinend um so besser, je größer die Lagenzahl ist.

Eine interessante Methode zur Untersuchung von Materialien arbeitet J. Kern[35]) aus, indem er zylindrische Stücke in einem homogenen Magnetfeld schwingen läßt. Diese Methode, die er mathematisch ausführlich durchrechnet, ist zur Leitfähigkeitsmessung, falls man das Material nicht in Drahtform verwenden kann, sehr geeignet.

Mit den singenden Lichtbogen beschäftigen sich zwei Arbeiten. H. Lichte[36]) untersucht den Zusammenhang seiner elektrischen Zustände mit der erzeugten Schallintensität, die proportional dem Quadrat der Bogenlänge und dem Quadrat der Wechselstromstärke ist. Allgemein läßt sich das Ergebnis aufstellen, daß die akustischen Erscheinungen durch periodische Änderungen des Volumens des Bogens hervorgerufen werden.

Werden zu dem Lichtbogen ein oder mehrere Schwingungskreise parallel geschaltet, ein Fall, den J. E. Hoyt[37]) untersucht, so sind die Schwingungen bei einem Kreise fast reine Sinusschwingungen neben dem ursprünglichen Gleichstrom. Die akustischen sind mit ihnen isochron und einfacher Art. Bei mehreren Kreisen werden die Erscheinungen viel komplizierter und hängen, die elektrischen sowohl wie die akustischen, stark von den Vorgängen im Bogen ab.

Vermutlich hat der Lichtbogen eine Selbstinduktion, die von seiner Länge abhängt.

Widerstandsänderung von Selen. Zunächst sei darauf hingewiesen, daß die bekannte Schrift von Chr. Ries: „Die elektrischen Eigenschaften und die Bedeutung des Selens für die Elektrotechnik" im Berichtsjahre in einer neuen, ganz umgearbeiteten und stark erweiterten Auflage erschienen ist. Für den Stand unserer jetzigen Kenntnisse über das Selen und seine Eigenschaften dürfte sie alle notwendigen Auskünfte, insbesondere mit ihren ausführlichen Literaturverzeichnis, ohne Mühe geben.

E. C. Fournier d'Albe[38]) untersucht die Möglichkeit, mittels Selen die Anwesenheit und Stärke von Lichteindrücken festzustellen. Die allgemeine Lösung des Problems, welche kleinste Lichtmenge Selen noch anzeigt, ist natürlich nicht möglich, da sie von der Empfindlichkeit der Apparate zum Teil abhängt. Es gelang ihm jedenfalls, nachzuweisen, daß die angewendeten Zellen noch auf 10 Mikrolux ansprechen. Das Gesetz der Lichteinwirkung auf Selen bis zu solchen Belichtungen herab folgt einer Quadratwurzelformel. Es gelang noch, Belichtungen nachzuweisen, die das menschliche Auge längst nicht mehr empfindet. Man hat wohl noch nicht die Möglichkeit, zu prüfen, ob eine diskontinuierliche Struktur der strahlenden Materie vorhanden ist oder nicht. Verfasser nimmt an, daß seine Versuche eine 100 000 mal höhere Empfindlichkeit aufweisen wie die älteren Versuche von Elster und Geitel (vgl. JB 1912, S 202 und weiter unten S 221) mittels photoelektrischer Kaliumzellen.

Man kann ja heute Selenzellen der verschiedensten Art herstellen, wie man sie gerade braucht, so auch solche, die im Gegensatz zu den üblichen ihre Leitfähigkeit bei Belichtung verkleinern, also höheren Widerstand erhalten. Es kann das bequem nach Angaben von F. C. Brown[39]) bewirkt werden, wenn man sie eine Zeitlang den Dämpfen von Quecksilber aussetzt, oder noch besser, ausreichend lange in das Vakuum einer Quecksilberluftpumpe bringt.

Eine neue praktische Anwendung können Selenzellen, wie H. Guilleminot[40]) mitteilt, beim Arbeiten mit Röntgenstrahlen oder Radium finden. Denn auch bei derartigen Bestrahlungen ändert sich ihr Widerstand, ähnlich wie bei Belichtung. Man kann also mittels Selenzellen die Eigenschaften, insbesondere die Härte und Konstanz von Röntgenröhren prüfen, genauere Strahlungsmessungen machen als nach den üblichen Methoden der ärztlichen Dosimetrie, und endlich kann man Filter für solche Strahlungen leicht untersuchen.

Was die theoretische Behandlung der Vorgänge an Selen anlangt, so macht F. C. Brown[39]) darauf aufmerksam, daß sie vielleicht in gewisser Weise mit den Gleichrichteerscheinungen zusammenhängen. Für beide gilt nicht mehr das Ohmsche Gesetz, die Leitfähigkeit hängt von der Dauer des Stromdurchganges ab usw. Es kann natürlich nicht behauptet werden, daß diese Zusammenhänge tatsächlich einen tieferen Grund haben. J. P. Nicholson[41]) sieht eine Erklärung der Erscheinungen im metallischen Selen in elektronentheoretischen Vorgängen. Er schließt sich der Pfundschen Auffassung an, nach der die Zunahme der Leitfähigkeit ein photoelektrischer Vorgang im Innern der Zelle ist. Unter der Voraussetzung, daß die in einer Sekunde aus einer Selenschicht ausgetriebenen Elektronen proportional der absorbierten Lichtmenge sind, gelangt er zu einer mathematischen Behandlung des Problems, die eine ganze Anzahl Einzelergebnisse zu erklären vermag. Wie man sieht, ist sein Weg zur Lösung ein ganz anderer wie der von F. C. Brown (vgl. JB 1912, S 202), der ja von drei verschiedenen Selenmodifikationen ausgeht.

Tiefe Temperaturen. Abgesehen von der an anderer Stelle erwähnten Arbeit von H. Alterthum seien hier die Arbeiten des Leidener Laboratoriums kurz erörtert. H. Kamerlingh Onnes und B. Beckmann[42]) fanden, daß der Widerstand eines Quecksilberfadens, der bei 15^0 C 1,97 Ω betrug, bei $14{,}5^0$ K (von — 273^0 ab gerechnet) nur noch 0,0618 Ω war. Ein anderer hatte bei $4{,}37^0$ K 0,130 Ω, bei 4,23 0,113 Ω und bei einer Erniedrigung der Temperatur um $0{,}03^0$ fiel er auf einen Wert, der kleiner als 10^{-5} Ω war. Ähnlich war das Verhalten von

Eisen, nur Tellur bildete eine Ausnahme. Der Widerstand einer gegossenen Platte hatte bei 40 bis 60° K ein Minimum.

Frau P. Curie und H. Kamerlingh Onnes[43]) fanden, daß die γ-Strahlung von Radium sich bei Abkühlung auf 10° K um weniger als 1‰ ändert, ein Beweis dafür, daß wir mit unseren Hilfsmitteln den Zerfall der radioaktiven Stoffe nicht beschleunigen oder verzögern können.

Drahtlose Telegraphie. Die im vorigen Bericht erwähnte Arbeit von March über die Ausbreitung der Wellen der drahtlosen Telegraphie hatte H. Poincaré angegriffen, und im Anschluß daran setzt W. v. Rybczińsk i[44]) sie fort. Er kommt dabei zu dem Ergebnis, daß zu der von March aufgestellten Potentialfunktion noch ein Zerstreuungsfaktor in Form einer Exponentialfunktion hinzukommt, die von der Erdkrümmung abhängt. Überdies wird die Marchsche Arbeit für einen halbleitenden Erdboden vervollständigt. Es ergibt dieses indessen bei einer guten Leitung nur einen verschwindenden Einfluß. Die Formeln sind indessen für praktische Berechnungen noch nicht recht geeignet.

K. Wolff[45]) beschäftigt sich mit dem Spezialfall der Ausbreitung elektrischer Wellen von einem Punkt oberhalb der Erdoberfläche, was ja gerade für die Telegraphie vom Luftballon aus von Wichtigkeit ist. Von Bedeutung ist dabei jene von Sommerfeld als numerische Entfernung bezeichnete Größe, die sich aus der Entfernung der beiden betrachteten Punkte und den Konstanten der beiden Medien, hier also der Luft und des Erdbodens, zusammensetzt. In diesem Fall spielt noch die Entfernung des Sendepunktes vom Boden eine bedeutende Rolle. Je größer diese ist, desto mehr treten die Oberflächenwellen zurück, und es überwiegen die Raumwellen. Im Grenzfall, wenn der Sendepunkt auf der Erdoberfläche liegt, wird eine befriedigende Übereinstimmung mit der Sommerfeldschen Theorie erzielt.

Im engen Zusammenhang mit diesen mehr theoretischen Untersuchungen stehen dann die praktischen Arbeiten über die Ausbreitung der Wellen und die Ursachen für die Störungen in der normalen Fortpflanzung. Zunächst sei da eine Abhandlung von F. Kiebitz[46]) erwähnt, der rechnerisch nachweist, daß die Änderungen der Dichte der Luft mit der Höhe und damit die Änderung ihrer Brechung keinen nennenswerten Einfluß auf eine Krümmung der Wellenbahn haben können. Eine Schlierenbildung in der Luft wird naturgemäß die Reichweite drahtloser Stationen stark beeinflussen und lange Wellen weniger stören wie kurze, was ja auch die Verkürzung der Reichweite bei kurzen Wellen erklärlich macht. Der Wasserdampfgehalt der Luft bewirkt, daß über Wasser die Reichweite am größten und nachts größer wie am Tage ist. Auch O. Lodge[47]) beschäftigt sich mit den meteorologischen Zuständen der Luft im Zusammenhang mit der Reichweite. Er meint, daß der Einfluß der Sonnenstrahlung darauf noch vollständig ungeklärt ist. Durch ihren Einfluß können positive Ladungen in der Luft sowie freie Elektronen entstehen. Insbesondere müssen auch noch die Vorgänge in der höheren, besser leitenden Atmosphäre berücksichtigt werden. Es können sogar Spiegelungsvorgänge eintreten.

Von besonderer Wichtigkeit für praktische Versuche sind Messungen im Freiballon, wie sie z. B. G. Lutze[48]) angestellt hat. Sie gestatten den Einfluß des Erdbodens und der Luft auf die Wellenübermittelung getrennt zu studieren. Die Empfangsenergie im Freiballon zeigt während der Nacht eine Abnahme umgekehrt proportional der p ten Potenz der Entfernung, wo p zwischen 1 und 2 liegt. Die Laufstärke vermindert sich mit zunehmender Höhe; es läßt sich daran die Richtigkeit der Theorie einer Wellenausbreitung in Oberflächenwellen und Raumwellen experimentell gut nachweisen.

Auch die Luftelektrizität kann auf die Antennen ganz merkliche Wirkungen ausüben, wie es Versuche von H. Dieckmann zeigen[49]). An Modellen studiert er in kleinem Maßstabe die Zustände des elektrostatischen Feldes in der Nähe von Antennen, und er stellt in Diagrammen die Potentialverteilung in ihrer Umgebung dar. Da die Antennendrähte stark negativ geladen werden, besteht die Wahrscheinlichkeit, daß auf ihnen aus der Atmosphäre radioaktive Zerfalls-

produkte niedergeschlagen werden. Der Versuch bestätigt das, und ergibt, daß in einer Entfernung von rd. 5 cm von den Antennendrähten durch den Zerfall von Radium A und Thorium A eine bis zum Hundertfachen gesteigerte Ionenzahl vorhanden ist. Wird die Antenne geerdet, so wird sich bei Schönwetter ein Ausgleichstrom gegen die Erde zeigen, einmal infolge der Ionisierung der Luft als reiner Ausgleichstrom, dann infolge der Spitzen und Kanten als Kollektorstrom, der auch durch die radioaktiven Produkte befördert wird, und endlich ein lichtelektrischer Strom infolge Bestrahlung durch lichtelektrisch wirksame Strahlen. Eine Registrierung dieses Stromes zeigt, daß er dem vorhandenen Potentialgefälle der Atmosphäre sehr gut parallel verläuft. Um Störungen im Empfangssystem zu verhindern sind Schutzvorrichtungen möglich, wofür eine Anordnung vorgeschlagen wird, die eine Kombination eines Faradayschen Käfigs und eines Hertzschen Polarisationsgitters ist. Dieses muß so orientiert sein, daß die auffallenden Wellen leicht hindurchgelassen werden.

Ähnlich findet Mosler[50]), daß die hauptsächlichsten Störungen durch die rein örtlichen Verhältnisse bedingt sind, die durch Schwankungen des luftelektrischen Potentials und Gewitterbildung ihren Höchstbetrag erreichen. Die Störungen durch Blitzentladungen üben auf weit entfernte Empfangsstationen keinen Einfluß mehr aus. Bei der Nähe von Gebirgen, welche die Wolkenbildung und infolgedessen höhere Potentialgefälle begünstigen, sind die Störungen häufiger. Bei gleichmäßig bedecktem Himmel sowie bei Regen und Nebel sind die Luftstörungen relativ gering. Erdantennen geben im Vergleich zu gleich leistungsfähigen Schirmantennen nur etwa $^2/_3$ der Störungszahl. Unter gleichen Umständen nimmt diese Störungszahl mit der Eigenfrequenz des Luftdrahtes zu.

Hochfrequenzschwingungen. H. Rausch v. Traubenberg[51]) untersucht zunächst mittels einer sehr empfindlichen Thermosäule die Strahlung eines oszillatorischen Funkens, und zwar zwischen Magnesiumelektroden. Sie ist bei konstanter Dämpfung und Selbstinduktion proportional dem Produkt aus geförderter Elektrizitätsmenge und Einsatzspannung. Die Strahlung variierte sehr stark mit dem Elektrodenmaterial und war am stärksten bei Natrium (6,2) und am schwächsten bei Silber (0,36). Eine Veränderung des umgebenden Gases hatte keinen wesentlichen Einfluß auf die Strahlung.

Sodann wurde kalorimetrisch die Energieverteilung gemessen, und zwar die Gesamtenergie des Funkens und der auf die Elektroden entfallenden Anteil. Auf die Strahlung des Magnesiumfunkens entfielen z. B. nur 9% der Gesamtenergie. Bei Abnahme der Selbstinduktion und Steigerung der Einsatzspannung verschob sich das zugunsten der Strahlung.

Elektronentheorie. Zunächst sei genauer auf eine Anzahl Neubestimmungen des elektrischen Elementarquantums eingegangen. So liegt zunächst eine Messungsreihe von J. Roux[52]) vor, der nach der bekannten Millikanschen Methode (vgl. unten) arbeitet und insbesondere das Stokessche Gesetz über den Fall kleiner Kügelchen in der Luft nachprüft. Er findet für die Elementarladung $4{,}17 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten, 15% weniger als der Millikansche Wert, aber in guter Übereinstimmung mit dem von Perrin angegebenen Wert, der aus der Brownschen Bewegung, der Bewegung kleinster Teilchen infolge des Anstoßes der sich bewegenden Molekel ihrer Umgebung abgeleitet ist. Er schätzt seinen Wert auf 5% genau. Millikan[53]) selbst hat seine Messungen in verbesserter Art wiederholt. Er beobachtet ja den Fall feiner Tröpfchen in Luft, an die sich einzelne Elektronen angelagert haben, wobei er ihren Fall zwischen den Platten eines horizontalen Kondensators stattfinden läßt, durch dessen Ladung er die Fallgeschwindigkeit beliebig regulieren kann. Von besonderer Wichtigkeit ist für seine Versuche die genaue Kenntnis des Koeffizienten der inneren Reibung der Luft, von dem im wesentlichen die Fallgeschwindigkeit abhängt und der mehrfach von seinen Schülern gemessen ist. Außerdem hat er die optische Anordnung zur Beobachtung der Kügelchen sehr verbessert, eine Einrichtung zu Messungen bei beliebigen Drucken der Luft vorgesehen und jede Störung durch Konvektiv-

ströme beseitigt. Er studiert auch besonders den Fall, ob nicht die elektrische Ladung der Kügelchen die Anwendung des Stokesschen Gesetzes verbietet und ob Flüssigkeitströpfchen unter seinen Versuchsbedingungen wie feste Kugeln, wie es in jenem Gesetz angenommen ist, wirken. So gelangt er dann mittels Messungen an 58 Tröpfchen zu einem Wert für das Elementarquantum von $4{,}774 \cdot 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten, der nur auf etwa $\pm 0{,}009 \cdot 10^{-10}$ unsicher sein soll. Aus diesem Wert berechnet sich dann sofort die Konstante des Avogadroschen Gesetzes, also die Anzahl der Molekel in einer Grammolekel eines Gases zu $6{,}063 \cdot 10^{23}$, mit einer Unsicherheit von $\pm 0{,}012 \cdot 10^{23}$. Ein Vergleich mit den bekannten Werten von Regener nach der radioaktiven Methode, der Methode der Brownschen Bewegung nach Svedberg und anderen, und der Strahlungsmethode von Planck liefert eine recht gute Übereinstimmung innerhalb der Fehlergrenzen der einzelnen Methoden, was noch insofern bemerkenswert ist, als es sich um prinzipiell verschiedene handelt. Der Millikansche Wert wird noch durch die Messungen von A. Schidlof und J. Murzynowska[54]) mit $4{,}738 \cdot 10^{-10}$ einigermaßen bestätigt.

F. Ehrenhaft[55]) hatte ja schon früher die Existenz von kleineren Elementarquanten, Subelektronen, aus Versuchen geschlossen. In einer neuen, erst vorläufigen Mitteilung stellt er, nachdem es früher widerlegt war, seine Behauptung von neuem auf. Er arbeitet nach einer von der Millikanschen prinzipiell nicht verschiedenen Anordnung. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die Elektronen räumlich stabile Anordnungen von Subelektronen sind, da vielfach ¾, ½ und ¼ der Elektronenladungen auftreten. Seine weiteren Mitteilungen müssen erst abgewartet werden.

Über die Elektronentheorie der Metalle sind folgende Arbeiten bemerkenswert. J. A. Harker und G. W. C. Kaye[56]) beschäftigen sich mit dem Aussenden von Elektrizität bei erhitzten Metallen. Diese werden in einer Stickstoff- oder Sauerstoffatmosphäre durch Wechselstrom erhitzt. Bei Temperaturen von etwa 1000^0 bis 1400^0 tritt eine Emission von positiver Elektrizität auf, die bei Sauerstoff besonders stark ist. Bei höheren Temperaturen wird negative Elektrizität abgegeben, wobei die Abgabe stark ansteigt, wenn die Temperatur wächst. Vermutlich sind die Ströme negativer Elektrizität eine Folge chemischer Umsetzungen zwischen dem Drahtmaterial und dem sie umgebenden Gas. Ob die Stromleitung in Metallen tatsächlich ein Elektronenstrom ist, untersucht O. W. Richardson[57]) genauer. Er arbeitet mit Wolframfäden bei Glühtemperaturen, die ja dann Elektronen aussenden. Diese könnten durch Gasentbindungen des Fadens veranlaßt sein oder könnten im Zusammenhang mit einer chemischen Wirkung der Gasatmosphäre auf das Drahtmaterial stehen, oder es ist ein Vorgang, der mit einem Verlust an Masse bei dem Wolframdraht verbunden ist, oder endlich sie entstehen durch den Einfluß eines unbekannten Dampfes, der das Manometer, das zur Messung des Gasdruckes dient, nicht beeinflußt. Alle diese Einwände sind experimentell nachprüfbar und ergeben eine vollständige Unmöglichkeit bzw. große Unwahrscheinlichkeit. Es folgt vielmehr aus ihnen, daß die Elektronen weder aus dem Wolfram erzeugt werden noch aus der umgebenden Gasatmosphäre stammen, vielmehr von außen hereinströmen müssen. Damit ist der Beweis eines Elektronenstroms in Metallen geliefert.

Photoelektrizität. Die Untersuchung der photoelektrischen Eigenschaften ist insofern von Wichtigkeit, als sie zu genauen photometrischen Messungen Anwendung finden können. Mit den Eigenschaften der Alkaliphotozellen beschäftigen sich J. Elster und H. Geitel[58]). Der bei jenen beobachtete Dunkeleffekt und die Nachwirkungserscheinungen stellen sich als Ladungsvorgänge der Glaswand heraus, die man durch geeignete Vorsichtsmaßregeln vermeiden kann. Eine Messung des Photostromes und der zugehörigen Lichtmenge ergibt eine weitgehende Proportionalität beider, von der Lichtstärke eines Drittels des Sonnenlichtes bis etwa $6 \cdot 10^{-4}$ Meterkerzen. Insbesondere zur Photometrierung von Sternen dürfte die Anwendung solcher Zellen aussichtsvoll

sein. Unterteilungen des Lichtes, etwa durch einen rotierenden Sektor, sind, wie E. Marx und K. Lichtenecker[59]) zeigen, ohne Einfluß auf die Erscheinungen.

Bekanntlich sind dünne, auf Quarz niedergeschlagene Metallschichten photoelektrisch stark wirksam. Eine Untersuchung von J. Robinson[60]) beschäftigt sich genauer mit diesen, und zwar Platinschichten, insbesondere mit ihrem verschiedenen Verhalten, je nachdem das Licht von der Quarzseite oder direkt auf das Metall auffällt. Es gibt bestimmte Dicken der Metallschicht, bei denen das Verhältnis aus dieser Emergenzstromstärke zur Inzidenzstromstärke bei konstanter Belichtung die Einheit ist, bei der gleichen Dicke ist auch das Verhältnis der Geschwindigkeiten der ausgeschleuderten Elektronen die Einheit. Bei einer Vergrößerung der Dicke der Metallschicht über 10^{-7} cm nimmt der Photostrom stark zu. Dem Verfasser gelingt der Nachweis, daß die Photoelektronen genügend Energie besitzen, um die Platinmolekeln zu ionisieren. Die Verschiedenheiten derartiger Schichten im Vergleich zur Belichtungsrichtung erklärt sich aber nach A. Partzsch und W. Hallwachs[61]) rein optisch. Die Absorption des Lichtes beim Durchgang von Quarz zum Platin ist bis zu 40% größer als in der anderen Richtung. Es ist also nicht nötig, anzunehmen, daß die Auslösung von Elektronen in der Fortpflanzungsrichtung des Lichtes besser erfolgt als gegen sie. Falls überhaupt eine solche Wirkung vorhanden ist, ist sie wesentlich kleiner, als man angenommen hat. Als Nebenergebnis erhielten sie, daß die Eindringungstiefe der lichtelektrischen Wirkung nur der Bruchteil einer Wellenlänge ist. Die Ergebnisse beider Arbeiten stimmen also nicht sonderlich zusammen.

Da die photoelektrisch ausgesandten Elektronenstrahlen sehr homogener Art sind, eignen sie sich vorzüglich zu Messungen des Verhältnisses zwischen elektrischer Ladung und materieller Masse der Elektronen. Bei einer solchen Messungsreihe nach der Methode der elektrischen und magnetischen Ablenkung der Strahlen fand E. Alberti[62]) dafür $1{,}756 \cdot 10^{10}$, ein Wert, der mit dem Mittelwert der neuesten Bestimmungen in guter Übereinstimmung ist.

Röntgenstrahlen. Über Röntgenstrahlen sind im Berichtsjahre wohl die meisten Abhandlungen erschienen, und zwar im Anschluß an die Entdeckung von M. Laue, W. Friedrich und P. Knipping[63]) über die Interferenz der Röntgenstrahlen beim Durchgang durch Kristalle, über die nunmehr ausführliche Veröffentlichungen vorliegen. Durchdringt ein Röntgenstrahlenbündel also einen Kristall, so entstehen infolge Beugung dieser Strahlen an den regelmäßig angeordneten Kristallmolekeln Interferenzerscheinungen, die photographisch sich als Interferenzpunkte bemerkbar machen, Bilder, die je nach den Symmetrieverhältnissen der benutzten Kristalle gleichartig symmetrisch liegen. Im Anschluß daran ist dann von W. H. Bragg entdeckt, daß auch eine selektive Reflexion von Röntgenstrahlen in Kristallen stattfinden kann. Die genauere experimentelle Untersuchung zeigt nun, gemäß der Arbeiten von W. H. Bragg, W. L. Bragg[64]), den oben Erwähnten und anderen, daß folgendes gefunden ist: Von der Antikathode einer Röntgenröhre gehen verschiedene Strahlenarten aus, von denen man nicht ohne weiteres sagen kann, ob sie eine Wellennatur haben. Zunächst solche ähnlich weißem Licht und einige wenige, ähnlich bestimmten Spektrallinien farbigen Lichtes. Diese sind für das Metall der Antikathode charakteristisch. Bei einer Röhre, die W. H. Bragg benutzte, waren z. B. drei homogene Strahlen vorhanden. Feststellen ließ sich das durch Intensitätsmessungen der von einem bestimmten Kristall reflektierten Röntgenstrahlung. Die von den Molekeln der Kristalle ausgehenden Strahlen haben anscheinend Wellencharakter mit einer Wellenlänge der Größenordnung 10^{-8} mm. Kennt man nun die einzelnen Homogenstrahlen seiner Röntgenröhre, so kann man rückwärts auf die Molekularstruktur der betreffenden Kristalle schließen. So haben die beiden Bragg z. B. Modelle der Strukturen des Kochsalzes und des Diamanten angegeben, die ohne Mühe die Valenzen der Atome und die Verkettungen der Kohlenstoffatome sehen lassen. Auch Gips läßt eine sehr einfache

Molekularanordnung erkennen. J. Herweg[65]) zeigte auch, daß man so in der Lage ist, durch Ausmessung der Photographien die Kantenwinkel von Kristallen zu erhalten, bei denen gute Flächen nicht vorhanden sind. Die Wellenlängen einer Platinantikathode, die G. H. J. Moseley und C. G. Darwin[66]) benutzten, fanden sich zu 1,642, 1,397 usw., 1,157 · $k^{1/2}$ · 10^{-8} cm, worin k gleich 1, ½ oder ⅛ ist. A. N. Shaw[67]) fand, daß man alle diese Erscheinungen auch mittels der γ-Strahlung radioaktiver Stoffe hervorrufen kann, es waren allerdings Expositionszeiten bis zu einem Monat erforderlich.

Läßt man ein Röntgenstrahlenbündel streifend über Glimmer oder Steinsalz fallen, so erhält man Bilder ähnlich wie optische Interferenzstreifen, wie E. Hupka und W. Steinhaus[68]) fanden. Strahlenförmige Gebilde entdeckt Hupka beim Durchdringen von Röntgenstrahlen durch dünne Metallschichten, Ergebnisse, die H. B. Keene[69]) bestätigt. W. Friedrich[70]) fand, daß man auch bei amorphen Körpern ähnliche Bilder wie bei Kristallen und hofartige Gebilde erhält, die merkwürdigerweise durch Druck auf die untersuchten Körper merklich beeinflußt werden.

Was die Erklärung aller dieser Erscheinungen anlangt, so ist oben schon einiges darüber gesagt. Die Erscheinungen beim streifenden Auffallen rühren nach G. Wulf und N. Uspenski[71]) von Inhomogenitäten des Kristalls her, die beim Durchgang durch Metall, wie P. Knipping[72]) angibt, aus metallographischen Gründen, z. B. kristallinischer Struktur der Schichten, erklärt werden können. Es sind hierüber leider noch zu wenig Aufnahmen vorhanden, indessen die bisher vorliegenden lassen sich auf Grund seiner Anschauungen recht gut deuten.

Ganz abweichend von allen, die sich mit der Theorie dieser Vorgänge befassen, ist die Erklärung von J. Stark[73]), der seine Theorie im wesentlichen darauf stützt, daß elektromagnetisch empfindliche Teilchen, wie es seiner Meinung nach die Röntgenstrahlen sind, längs ausgezeichneten Richtungen in Kristallen viel größere Schichtdicken zu durchdringen vermögen als in amorphen Körpern, und daß in einem Kristall nicht nur eine Absorption sondern auch eine Zerstreuung der Strahlen selektiv in verschiedenen Achsen erfolgt.

P. Debije[74]) studiert besonders den Einfluß der Wärmebewegung der Molekel der Kristalle auf das Aussehen der Interferenzfiguren und kommt dabei zu dem Ergebnis, daß diese Molekularbewegung auf die Schärfe der Interferenzen keinen Einfluß hat, daß aber ihr Einfluß auf die Intensität der Bilder derart ist, daß sie bei mittleren Temperaturen ein Auffinden von Wellenlängen der Röntgenstrahlung mit wesentlich kürzeren Wellenlängen als 10^{-9} cm unmöglich macht. Solche sind erst bei Abkühlung des Kristalls auf ganz niedrige Temperaturen zu erhalten, vorausgesetzt aber, daß die Kristalle keine Energie beim absoluten Nullpunkt der Temperatur mehr enthalten. So wird auch diese Frage in den Kreis der Betrachtungen gezogen.

Kathoden- und Kanalstrahlen. Strutt hatte gefunden, daß Stickstoff in Entladungsröhren ein Nachleuchten aufwies, das er einer durch den elektrischen Strom hervorgerufenen, chemisch aktiven Modifikation von Stickstoff zuschrieb; um festzustellen, ob das nicht etwa durch ein beigemengtes Gas verursacht würde, wiederholen E. Koenig und E. Elöd[75]) diese Versuche und finden, daß das Nachleuchten um so stärker hervortritt, je weiter die Reinigung des Stickstoffes fortschreitet. Es ist tatsächlich aktiven Stickstoffmolekeln zuzuschreiben, die nachher in inaktive zerfallen, was auch Strutt[76]) bestätigt.

Die elektrische Analogie zu dem magnetischen Zeeman-Effekt, der Aufspaltung einzelner Spektrallinien in mehrere polarisierte mittels magnetischer Kraftfelder fand J. Stark[77]), indem er Kanalstrahlen einem sehr starken elektrischen Felde aussetzte. Es gelang ihm so, Linien des Wasserstoff- und Heliumspektrums in scharf getrennte, linear polarisierte Komponenten zu zerlegen; zunächst ist allerdings nur der Transversaleffekt beobachtet, wobei also die Strahlenrichtung senkrecht zur Beobachtungsrichtung verläuft. Der Effekt ist

anscheinend der Feldstärke proportional und nimmt bei einer Linienserie mit abnehmender Wellenlänge an Größe zu.

Von besonderer Bedeutung ist neuerdings das Studium der Kanalstrahlen und ihrer Spektra geworden, besonders mit Rücksicht auf den Aufbau der Atome der einzelnen in Kanalstrahlenform überführbaren Stoffe. J. J. Thomson[78]) entdeckte z. B. auf dem Wege der „Kanalstrahlenanalyse", indem er ein Kanalstrahlenbündel elektrisch und magnetisch ablenken ließ, einen neuen Stoff, der das Atomgewicht 3 haben mußte. Er tritt z. B. auf, wenn man Metalle, besonders Platin, mit Kathodenstrahlen bombardiert. Eine genauere Untersuchung wies dann nach, daß es sich wahrscheinlich um eine Modifikation von Wasserstoff mit aus drei Atomen bestehendeu Molekeln handelt, das damit den Charakter eines Edelgases annimmt.

Es ist bei den in Kanalstrahlenform vorhandenen Atomen möglich, gleiche Atome mit verschiedenen elektrischen Ladungen zu erhalten, so z. B. Quecksilberatome bis zu acht Ladungseinheiten; die Untersuchung dieser Strahlen haben sich besonders J. Stark[79]) und seine Mitarbeiter zum Ziel gemacht. Die Bogen- und Funkenlinien in den Spektren der verschiedenen Stoffe zeigen bei ihrem Auftreten, bei der Emission durch Kanalstrahlen, ein verschiedenes Verhalten, wenn man sie mit Rücksicht auf den vorhandenen Stark-Doppler-Effekt betrachtet, sowohl was die Geschwindigkeitsverteilung der bewegten Intensität und auch das Verhältnis der bewegten zur ruhenden Intensität anlangt. Es ergibt sich daraus, daß die zwei Gruppen von Linien positive Atomionen verschiedener Wertigkeit als Träger haben. Die weitere Erforschung der von einem Atomion, also einem materiellen Atom mit einer gewissen Anzahl Elektronen, ausgehenden Strahlung, die man spektroskopisch analysiert, hat dann gezeigt, daß von verschiedenwertigen Atomionen, also Atomen mit verschiedenen Ladungen, auch verschiedene Linienspektra ausgehen, je nachdem es einwertig, zweiwertig oder mehrwertig ist. Besonderes Interesse verdient noch der Fall, wo die Anzahl der abtrennbaren Elektronen mit der chemischen Valenz des Elementes übereinstimmt. Für den dreiwertigen Stickstoff sind ein-, zwei- und dreiwertigen Atomionen aufgefunden. Bei dem chemisch einwertigen Wasserstoff ist niemals mehr wie ein Elektron abtrennbar gewesen, so daß die Vermutung naheliegt, daß er nur ein solches abtrennbares Elektron enthält.

Interessante Aufschlüsse über den Bau der Atome erhalten wir, wenn wir den Fall untersuchen, wie es ebenfalls Stark getan hat, daß Atome in Kanalstrahlenform auf gleichartige, ruhende Atome auftreffen. Die spektrale Untersuchung zeigt, daß dann nur ruhende Serienlinien ohne jede bewegte Intensität ausgesandt werden. Kanalstrahlen und ruhendes Atom durchqueren sich also, ohne daß das ruhende in Bewegung gesetzt wird. Das gleiche Problem konnte Stark auch durch das Studium der Reflexion von Kanalstrahlen angreifen, indem er die ruhende bzw. bewegte Intensität der reflektierten Strahlen studiert. Da ergab sich, daß nur relativ langsame Wasserstoff- und Heliumstrahlen an Glas reflektiert werden. Schnelle Strahlen dieser Stoffe werden nicht reflektiert.

Über die allgemeine Bedeutung aller dieser, teilweise mehr in optische Gebiete gehörenden Untersuchungen kann hier nicht gesprochen werden. Es sei dazu auf Arbeiten von H. Baerwald[80]), H. v. Dechend[81]) und eine Broschüre von J. Stark[82]) verwiesen.

Radioaktivität. Es soll davon abgesehen werden, über das Auftreten von Seitenzweigen in den drei Radioreihen zu berichten; statt dessen sei näher darauf eingegangen, daß die Anzahl der radioaktiven Stoffe sich um zwei bekannte, das Kalium und das Rubidium, vermehrt hat. Beide senden β-Strahlen, also Elektronen aus, die bei Rubidium, wie K. Bergwitz[83]) feststellt, etwa $1{,}85 \cdot 10^{10}$ cm/s Geschwindigkeit haben. Die Stärke der Elektronenstrahlung ist derart, daß sie einer Stromstärke von 10^{-18} bis 10^{-19} A auf 1 cm^2 der Oberfläche entspricht. Die Radioaktivität von Kalium insbesondere läßt sich gut an photoelektrischen Kaliumzellen nachprüfen, wie H. Thirring[84]) zeigt, der ebenso wie Henriot[85]) eine Ionisation der Luft in der Nähe von Kalium

nachweist. Ob sich demgemäß Kalium von selbst elektrisch aufladet, muß dahingestellt bleiben; es tritt wohl eine solche Aufladung in diesen Zellen ein, sie ist aber auf einen Voltaeffekt zurückzuführen, der sie wie galvanische Elemente mit 2,8 V EMK und 10^{12} Ω Widerstand wirken läßt. Aus der Größe dieses Widerstands läßt sich auf eine Ionisation schließen. Eine α-Strahlung ist bei beiden nicht nachweisbar, was aber dem Vorhandensein von Helium in den Kaligesteinen anscheinend widerspricht. Chemische Behandlung läßt keine fremden Stoffe erkennen, an die etwa die radioaktiven Erscheinungen gebunden sein könnten. Eine vollständige Analogie mit den Vorgängen bei den bekannten Radioelementen ist jedenfalls noch nicht vorhanden. Eine Radioaktivität von Natrium, Lithium und Cäsium, die beiden chemisch nahe stehen, ist nicht beweisbar. Eine Zusammenstellung über die bisher beobachteten Erscheinungen geben J. Elster und H. Geitel[86]).

Nach der Zerfallstheorie der Radiostoffe muß ja in allen Urangesteinen das Verhältnis des darin enthaltenen Radiums zum Uran konstant sein. Diese Folgerung prüfen durch Untersuchung von Uranerzen verschiedenster Herkunft B. Heimann und W. Marckwald[87]). Sie finden als Ergebnis, daß das Verhältnis $\frac{Ra}{Ur}$ innerhalb 0,4% $3{,}329 \cdot 10^{-6}$ ist, es kann also wirklich als konstant angesehen werden. Die Halbwertszeiten von Uran I und Radium sind nach Versuchen von St. Meyer[88]) $5{,}0 \cdot 10^{9}$ Jahre für Uran und 1730 Jahre für Radium.

Von Untersuchungen über die Wahrnehmung einzelner α- und β-Teilchen sind zwei bemerkenswert. H. Geiger[89]) beschreibt eine neue Zählmethode für beide Strahlenarten, die darauf beruht, daß die zu zählenden Teilchen dicht an einer feinen Spitze vorbeigeführt werden, wo sie dann, wenn diese auf etwa 1000 V geladen ist, Entladungen verursachen, die an einem angeschlossenen Elektrometer Ausschläge von etwa 10 bis 20 V bewirken. Bedingung für die Zuverlässigkeit der Zählung ist, daß die Spitze geeignet wirkt, wofür sich bestimmte Regeln aber nicht angeben lassen.

Die Sichtbarmachung der Bahnen einzelner radioaktiver Stoffe in Luft gelang C. T. R. Wilson[90]). Er benutzte dazu die Eigenschaft der Ionen, als Kondensationskerne für Nebeltröpfchen in mit Wasser übersättigter Luft zu dienen. Seine Beobachtungsanordnung war so, daß er in einer Beobachtungskammer feuchte Luft expandierte und unmittelbar danach Strahlen der gewünschten Art hineinfallen ließ, die Spuren ihrer Bahnen in Nebelbläschenreihen hinterließen, die sich an die ionisierten Luftmolekel anlagerten. Bevor sie sich fortbewegen oder ausbreiten konnten, blitzte ein Funke auf, der das Licht zu einer photographischen Aufnahme des Nebelgebildes lieferte. Aus den so erhaltenen Photographien sieht man, daß die α-Strahlen sehr geradlinig verlaufen, stark ionisieren und plötzlich, meistens mit einem feinen Knick in der Richtung der Bahn enden. Die β-Teilchen ionisieren merklich weniger, so daß es häufig möglich ist, die von ihnen erzeugten Ionen zu zählen; sie werden durch die Zusammenstöße mit den Luftmolekeln leicht aus ihrer Bahn abgelenkt, so daß diese ein wurmförmiges Aussehen erhält. Die γ-Strahlen selbst ionisieren offenbar die Luft überhaupt nicht; nur gehen überall von ihren Bahnen die Gebilde der β-Strahlen aus, von denen also die Ionisation der Luft bei γ-Strahlen herstammt und die durch Auftreffen der γ-Strahlen auf die Gasmolekel hervorgerufen werden. Ob umgekehrt die γ-Strahlen nur durch das Auftreffen von β-Strahlen auf Materie entstehen, untersucht H. Starke[91]) bei Mesothorium, wobei er feststellt, daß die β-Strahlen bei seinem Präparat eine γ-Strahlung erregen, die nur ein Tausendstel der eigenen γ-Strahlung des Präparates ist. Es bezieht sich das aber nur auf solche γ-Strahlen, die 3 mm Aluminium ohne merkliche Schwächung durchdringen.

Durch die ausgesandte Strahlung erhöht sich das Potential eines isoliert aufgestellten Radiumpräparates ständig, so daß es G. H. J. Moseley[92]) möglich

war, wie er durch dessen anziehende Wirkung auf ein isoliertes Metallplättchen nachweisen konnte, Potentiale bis zu 150 000 V zu erreichen. Ein selbständiges Aufladen auf noch höhere Spannungen war nicht möglich, da dann die Isolation des Präparates Schwierigkeiten machte.

Die praktischen Messungen an Radiostoffen sind jetzt dadurch erleichtert, daß auch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt[93]) in Charlottenburg radioaktive Präparate amtlich eicht. Die Bedingungen zu einer richtigen Ausführung radioaktiver Messungen nach der üblichen γ-Strahlenmethode durch Entladung eines Elektrometers sind, wie V. F. Heß[94]) mitteilt, manchmal recht schwierig zu erfüllen. Es zeigte sich z. B., daß das quadratische Entfernungsgesetz für den Einfluß des Radiostoffes auf die Elektrometerentladung nicht annähernd erfüllt war, sondern durch die von den Wänden des Beobachtungsraumes ausgehende Sekundärstrahlung stark, bis über 10%, verfälscht wurde. Wenn man Präparat und Elektrometer in mindestens 2 m Abstand von den Zimmerwänden aufstellte, waren wenigstens in verschiedenen Räumen die Einflüsse praktisch gleich. Das Wulffsche Fadenelektrometer ist in der von Heß beschriebenen Form geeignet, ein für alle Mal für absolute γ-Strahlung geeicht zu werden, so daß dann der Besitz eines Normalpräparates entbehrlich ist. Bedingung ist aber bei seiner Benutzung, daß die obige Vorschrift für die Aufstellung streng eingehalten wird. Andernfalls werden die Messungen stark fehlerhaft ausfallen.

Von allgemeinen Arbeiten über Radioaktivität soll hier nur eine Veröffentlichung von R. Swinne[95]) erwähnt werden, die sich mit Beziehungen zwischen der Umwandlungsgeschwindigkeit von α-strahlenden, radioaktiven Elementen und der Anfangsgeschwindigkeit ihrer α-Teilchen beschäftigt. Er gelangt zu dem Ergebnis, daß der Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten der α-Strahlen eines Stoffes der einen Radiofamilie gegen die des analogen Stoffes einer anderen Familie konstant ist. Und die Zerfallskonstanten der analogen α-strahlenden Stoffe der einzelnen Familien stehen in konstantem Verhältnis zueinander.

Es ist hier nicht der Ort, auf die verschiedenen mehr chemischen Fragen der Radioaktivität einzugehen, die in vielfachen interessanten Arbeiten von v. Hevesy[96]), Fajans[97]) u. a. behandelt sind. Diese Arbeiten beziehen sich im wesentlichen darauf, wie die Einordnung der einzelnen Stoffe in das periodische System der Elemente zu erfolgen hat und wie die Valenzen der einzelnen sind; sodann welche Verschiebungen auftreten, wenn die Stoffe zerfallen, und in welche Stellen des periodischen Systems sie dann einrücken, endlich, wie sich dadurch ihre Valenz ändert. Im wesentlichen ist die Einordnung aller Radiostoffe in das periodische System abgeschlossen, desgleichen die Bestimmung ihrer chemischen Valenz. Nach einer α-Umwandlung ist diese immer um zwei Einheiten verändert. Jede Änderung der Valenz ist auch mit einer Änderung des elektropositiven Charakters des Stoffes verbunden. Eine β-Strahlenumwandlung verändert die Valenz der zurückbleibenden Atome im entgegengesetzten Sinne. Allerdings ist das nicht ganz unbestritten. Alle drei Radiofamilien führen wahrscheinlich zu sechs inaktiven Endprodukten, deren Atomgewichte zwischen 206 und 210 liegen und die chemisch möglicherweise von Blei nicht trennbar sind. Das gewöhnliche Blei ist wohl nur eine Mischung dieser Stoffe, worüber nur eine sehr genaue Atomgewichtsbestimmung von Blei, das aus Radiostoffen gewonnen ist, also aus radioaktiven Mineralien stammt, und von solchem, das aus anderen Mineralien herrührt, Auskunft geben kann.

Die Einordnung der Radiostoffe in das periodische System zeigt, daß an Stellen, wo sonst nur ein Element vorhanden ist, dort mehrere ihren Platz finden, Elemente, die sich chemisch als nicht trennbar herausstellen. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß auch die gewöhnlichen Elemente solche ähnliche Mischungen sind, wobei die Atomgewichte also nur den Charakter von Mittelwerten besitzen. Mit Rücksicht auf die Gesetzmäßigkeiten in den Veränderungen der Plätze, die beim Zerfall radioaktiver Stoffe vorhanden sind, besteht die Möglich-

keit, daß das ganze periodische System einfach das Ergebnis der Umwandlung der Elemente ist.

[1]) M. Abraham, Arch. d. Math. u. Phys. Ser. 3, Bd 20, S 193. — [2]) G. Nordström, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 42, S 533. — [3]) A. Einstein u. A. Großmann, Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie, Leipzig 1913. — [4]) M. Laue, Das Relativitätsprinzip, 2. Aufl., Braunschweig 1913. — [5]) M. B. Weinstein, Physik der bewegten Materie, Leipzig 1913. — [6]) E. Gehrke, Naturwissensch. 1. Jhrg., S 63, M. Born, a. a. O. S 92. — [7]) W. de Sitter, Phys. Z. 14. Jhrg., S 429. — [8]) R. Swinne, a. a. O. S 145. — [9]) J. W. Nicholson, Rep. of the VIII. Meeting of the British Association for the Advancement of Science (A), S 320, 1912. — [10]) K. Fajans, Naturwissensch. 1. Jhrg., S 237. — [11]) A. Occhialini u. E. Bodareu, Nuovo Cimento Ser. 6, Bd 5, S 15; Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 42, S 67. — [12]) G. P. Agnew u. W. C. Bishop, Phys. Rev. Bd 35, S 470. — [13]) A. E. Oxley, Proc. Roy. Soc. London Ser. A, Bd 88, S 588. — [14]) H. Alterthum, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 39, S 933. — [15]) J. Koenigsberger u. G. Gottstein, Phys. Z. 14. Jhrg., S 232. — [16]) H. Conrad, Ber. Wien. Akad. (IIa) Bd 122, S 35. — [17]) C. Christiansen, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 40, S 107, 233. — [18]) E. Becker, Ber. Wien. Akad. (IIa) Bd 122, S 515. — [19]) F. Neesen, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 1173. — [20]) F. Fischer, R. Lepsius u. E. Baerwald, Phys. Z. 14. Jhrg., S 439. — [21]) D. E. Roberts, Phil. Mag. Ser. 6, Bd 26, S 158; Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 40, S 453. — [22]) C. W. Heaps, Phil. Mag. Ser. 6, Bd 24, S 813, 1912. — [23]) R. Ambronn, Phys. Z. 14. Jhrg., S 112. — [24]) J. Koenigsberger, a. a. O. S 643. — [25]) J. A. Fleming u. G. B. Dyke, Jahrb. f. drahtl. Telegr. 7. Jhrg., S 264. — [26]) M. Pigulewski, Journ. d. Russ. Phys.-Chem. Ges. (Phys. T.) Bd 44, S 105. — [27]) W. Holttum, Jl. Inst. El. Eng. Bd 50, S 755 und Electrician (Ldn.) Bd 71, S 640. — [28]) G. L. Addenbroke, Proc. Phys. Soc. Bd 24, S 286; Electrician (Ldn) Bd 70, S 673. — [29]) S. Ratnowski, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 497. — [30]) T. Bialobjeski ETZ 1913, S 38 und Le Radium Bd 9, S 250. — [31]) K. W. Wagner, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 40, S 817. — [32]) H. Greinacher, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 123. — [33]) R. Lindemann u. W. Hüter, a. a. O. S 219. — [34]) W. Rietz, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 41, S 543. — [35]) J. Kern, a. a. O. Bd 42, S 460. — [36]) H. Lichte, a. a. O. Bd 42, S 843. — [37]) J. E. Hoyt, Phys. Rev. Bd 35, S 387. — [38]) E. E. Fournier d'Albe, Proc. Roy. Soc. London Ser. A, Bd 89, S 75. — [39]) F. C. Brown, Phys. Rev. Ser. 2, Bd 1, S 237, 245. — [40]) H. Guilleminot, C. R. Bd 156, S 1155. — [41]) J. P. Nicholson, Phys. Z. 14. Jhrg., S 1210, 1212. — [42]) H. Kamerlingh Onnes u. B. Beckmann, Comm. Phys. Lab. Leiden Nr. 124 c und Versl. K. Ak. van Wetensch. Bd 21, S 881, 1044, 1912. [43]) P. Curie u. H. Kamerlingh Onnes, a. a. O. Bd 21, S 1539, 1912. — [44]) W. v. Rybczyński, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 41, S 191. — [45]) K. Wolff, Ber. Wien. Akad. (IIa) Bd 122, S 197. — [46]) F. Kiebitz, Jahrb. f. drahtl. Telegr. 7. Jhrg., S 154. — [47]) O. Lodge, a. a. O., S 514. — [48]) G. Lutze, Phys. Z. 14. Jhrg., S 288; Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 1107. — [49]) H. Dieckmann, Jahrb. f. drahtl. Telegr. 7. Jhrg., S 521, 589. — [50]) Mosler, ETZ 1912, S 1134. — [51]) H. Rausch v. Traubenberg, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 40, S 249. — [52]) J. Roux, Ann. de Chim. et Phys. Ser. 8, Bd 28, S 69; C. R. Bd 155, S 1490, 1912. — [53]) R. A. Millikan, Phys. Z. 13. Jhrg., S 1162, 1912 und 14. Jhrg., S 769. — [54]) A. Schidlof u. J. Murczynowska, C. R. Bd 156, S 304. — [55]) F. Ehrenhaft, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 1187. — [56]) J. A. Harker u. G. W. C. Kaye, Proc. Roy. Soc. London Ser. A, Bd 88, S 522. — [57]) O. W. Richardson, Phil. Mag. Ser. 6, Bd 26, S 345; Phys. Z. 14. Jhrg., S 793. — [58]) J. Elster u. H. Geitel, Phys. Z. 14. Jhrg., S 741. — [59]) E. Marx u. H. Lichtenecker, Ann. d. Phys. 4. R., Bd 41, S 124. — [60]) J. Robinson, Phil. Mag. Ser. 6, Bd 25, S 115. — [61]) A. Partzsch u. W. Hallwachs, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 41, S 247. — [62]) E. Alberti, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 39, S 1133, 1912. — [63]) M. Laue, W. Friedrich u. P. Knipping, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 41, S 971, 989, 1003; Bd 42, S 397. — [64]) W. H. Bragg u. W. L. Bragg, Proc. Roy. Soc. London Ser. A, Bd 88, S 428; Bd 89, S 248, 277; Phys. Z. 14. Jhrg., S 472. — [65]) J. Herweg, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 555; Phys. Z. 14. Jhrg., S 417. — [66]) G. H. J. Moseley u. C. G. Darwin, Phil. Mag. Ser. 6, Bd 26, S 210. — [67]) A. N. Shaw, a. a. O. S 190. — [68]) E. Hupka u. W. Steinhaus,

Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 162, 369; Phys. Z. 14. Jhrg., S 623. — [69]) H. Keene, Phys. Z. 14. Jhrg., S 903. — [70]) W. Friedrich, a. a. O. S 317. — [71]) G. Wulf u. N. Uspenski, a. a. O. S 788. — [72]) P. Knipping, a. a. O. S 997. — [73]) J. Stark, a. a. O. S 319. — [74]) P. Debije, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 678, 738, 857. — [75]) E. Koenig u. E. Elöd, Phys. Z. 14. Jhrg., S 165. — [76]) Strutt, a. a. O. S 215. — [77]) J. Stark, Ber. Berl. Akad. 1913, S 932. — [78]) J. J. Thomson, Proc. Roy. Soc. London Ser. A, Bd 89, S 1. — [79]) J. Stark, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 42, S 163, 231; Phys. Z. 14. Jhrg., S 102, 768; J. Stark, A. Fischer u. H. Kirschbaum, Ann. d. Phys. 4. Reihe, Bd 40, S 499; J. Stark, A. Wendt, H. Kirschbaum u. R. Künzer, a. a. O. Bd. 42 S 241. — [80]) H. Baerwald, Naturwissensch. 1. Jhrg., S 355, 384. — [81]) H. v. Dechend, a. a. O. S 181. — [82]) J. Stark, Die Atomionen der chemischen Elemente und ihre Kanalstrahlenspektra, Berlin 1913. — [83]) K. Bergwitz, Phys. Z. 14. Jhrg., S 655. — [84]) H. Thirring, a. a. O. S 406. — [85]) Henriot, Ann. de Chim. et Phys. Bd 26, S 71. — [86]) J. Elster u. H. Geitel, Jahrb. f. Rad. u. Elektr. Bd 10, S 323. — [87]) B. Heimann u. W. Marckwald, a. a. O. S 299 und Phys. Z. 14. Jhrg., S 303. — [88]) St. Meyer, Ber. Wien. Ak. d. Wiss. (IIa) Bd 122, S 1085. — [89]) H. Geiger, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 534. — [90]) C. T. R. Wilson, Proc. Roy. Soc. London Ser. A, Bd 87, S 272, 1912, und Jahrb. f. Rad. u. Elektr. Bd 10, S 34. — [91]) H. Starke, Phys. Z. 14. Jahrg., S 1033. — [92]) G. H. J. Moseley, Proc. Roy. Soc. London Ser. A, Bd 88, S 471. — [93]) Phys. Techn. Reichsanstalt, Z. Instrumkd. 1913, S 259. — [94]) V. F. Heß, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 1002. — [95]) R. Swinne, Phys. Z. 14. Jhrg., S 142. — [96]) G. v. Hevesy, a. a. O. S 49, 1202. — [97]) K. Fajans, Verh. dtsch. Phys. Ges. 15. Jhrg., S 249.

Elektrobiologie und Elektromedizin.

Von Dr. med. Adolf Schnée.

Elektrotherapie. Im abgelaufenen Jahre stand das sog. „elektrische Entfettungsverfahren“ im Vordergrunde des Interesses. Eigentlich hatte man dabei weniger an den Wert des elektrischen Entfettens als vielmehr an jenen durch das Hervorrufen unwillkürlicher Muskelkontraktionen bedingten, der tonifizierenden Wirkung auf die glatte und quergestreifte Muskulatur zu gedenken.

Nach Angabe von Bergonié (Bordeaux) hat die Reiniger, Gebbert & Schall A.-G. in Erlangen einen solchen Apparat konstruiert, bei dem die erforderlichen Muskelkontraktionen durch einen sehr gleichmäßigen faradischen Strom hervorgerufen werden, während Nagelschmidt (Berlin) bei seinem modifizierten Apparat, den die Elektrizitätsgesellschaft Sanitas (Berlin) baut, den faradischen Strom durch den anästhesierenden Leducschen ersetzt, der infolgedessen auch weniger schmerzhafte Muskelkontraktionen hervorruft.

Mit Berücksichtigung der besonderen physiologischen Bedeutung, die Schnée den Kondensatorentladungen zuschreibt, hat er sich bei seinem sog. Degrassator auch dieser bedient. Der Apparat wird von den Veifawerken in Frankfurt a. M. gebaut und besteht aus dem eigentlichen Schaltapparat (s. Abb. 30) und dem dazugehörigen Liegestuhl (s. Abb. 31).

Mit solchen Apparaten lassen sich nun Muskelschwächen und Muskelatrophien im allgemeinen wie Herzmuskelschwäche und durch Erschlaffung der Darmmuskulatur bedingte chronische Obstipationen im besonderen, herabgesetzter Gefäßtonus, Stoffwechselerkrankungen (z. Fallsucht) usw. in relativ kurzer Zeit wesentlich bessern bzw. kompletten Heilungen zuführen.

Auch die therapeutische Anwendung der Diathermie hat wesentlich an Ausdehnung und Bedeutung gewonnen.

Schon in einer am 2. Dezember 1912 an die Faculté des Sciences de Paris gerichteten Mitteilung hat Bergonié[1]) über „Die Anwendung der Diathermie als energetisches Ergänzungsmittel“ berichtet. Er hob darin hervor, daß sich die Gesamtwärmeproduktion des homöothermischen menschlichen und tierischen

Organismus aus zwei Faktoren zusammensetzt, der sog. Ergänzungswärme, die direkt auf Kosten der Nahrungsmittel gebildet wird und deren Größe durch die Wärmeabgabe bedingt ist, sowie der vitalen Wärme, die als Produkt der Organfunktionen in die Erscheinung tritt.

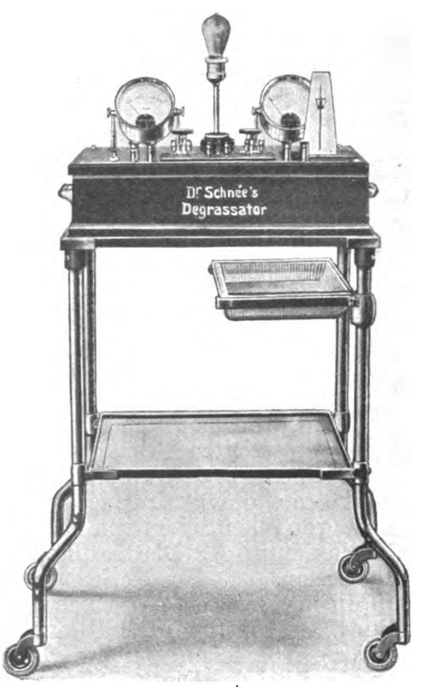


Abb. 30. Schaltapparat.

Das Verhältnis zwischen diesen beiden Faktoren ist nicht konstant. Es wechselt mit jedem Individuum, mit der mechanischen Aktivität desselben Individuums, mit der Außentemperatur, der Bekleidung, dem Wind usw. Verschiedene Autoren haben dieses Verhältnis für den homöotherm bleibenden Menschen auf $^2/_5$ bis $^1/_2$ geschätzt, aber es kann bei einem Individuum von geringerem Gewicht und größerer Oberfläche, das nackt einer Temperatur von 20° C ausgesetzt ist, noch viel größer sein.

Die Menge der Ergänzungwärme muß also unter gewissen Umständen recht bedeutend sein, damit der Mensch seine eigene Temperatur zu erhalten in der Lage ist.

Warum sollte man ihm nicht unter solchen Umständen diese große Wärmemenge in natura zuführen, anstatt sie ihn aus den Nahrungsmitteln ziehen zu lassen, die verdaut und verbrannt werden müssen, wobei noch die physiologischen Apparate, die der Verdauung und der Verbrennung dienen, überangestrengt werden?

Dies hat nun Bergonié — wie er sagt — mit der Diathermie, d. h. der Applikation niedrig gespannter Hochfrequenzströme, die wir den Arbeiten d'Arsonvals verdanken, erreicht.

Wenn diese in wirksamen Intensitäten von 2 bis 3 A unter einem Potentialgefälle von 1000 bis 2500 V ohne jede andere Sensation den Körper durchfließen



Abb. 31. Degrassator von Schnée.

führen sie ihm so in der Stunde infolge des Jouleschen Effektes gegen 3000 Kalorien, d. h. mehr als durch seine tägliche totale Nahrungsration, zu.

Die bei der Applikation dieser Ströme von Bergonié beachtete Technik besteht darin, daß er die Ströme durch sechs große blanke, metallische Elektroden aus Blei, Zinn, Aluminium u. dgl. mehr, die sich dem betreffenden Körperteil gut anschmiegen, durch eine elastische Binde festgehalten und an den Rändern mitunter durch schmale Heftpflasterstreifen isoliert werden, eintreten läßt.

Bereits auf der 82. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Königsberg i. Pr. im Jahre 1910 hat Schnée in einem Vortrag „Hochfrequenz und Thermopenetration im Vierzellenbad" darauf hingewiesen, daß die Thermopenetration sich, zumal bei größeren Stromstärken (2 bis 3 A), durch das bekannte Wärmegefühl bemerkbar mache und bei längerer Dauer der Applikation eine meßbare Erhöhung der Körpertemperatur eintrete, die sich zuerst im After und Mund, späterhin bei Messungen auch in der Achselhöhle manifestiert. Schnée knüpfte damals daran die bestimmte Hoffnung, durch diese neue Applikationsart das Indikationsgebiet der Thermopenetration wesentlich erweitern zu können, das bis dahin auf die Behandlung gichtischer und rheumatischer Gelenkaffektionen und einer Reihe von Herzerkrankungen beschränkt war.

Schnée bedient sich nun der Vierzellenbaddiathermierung und bezeichnet die damit erzielten Resultate als überaus befriedigend.

Die Technik der Applikationen richtet sich dabei nach dem Sitz des Leidens, wobei stets dafür Sorge getragen wird, den erkrankten Körperteil bzw. das Organ von allen Seiten von Diathermieströmen durchzogen zu sehen, um in ihm ein Maximum der Diathermiewirkung mit möglichst gleichmäßiger Verteilung zu erzielen.

In neuerer Zeit — seit etwa drei Jahren — hat Schnée unter Berücksichtigung des Umstandes, daß ihm fast in allen Fällen neben der Beseitigung der jeweiligen örtlichen Beschwerden eine wesentliche Besserung des Allgemeinbefindens bei der Diathermierungstherapie, zumal bei schwächlichen, in der Ernährung heruntergekommenen und marantischen Individuen, auffiel, in solchen Fällen die allgemeine Diathermierung, wie sie Bergonié mit seinen sechs Elektroden in der eingangs genau beschriebenen Weise ausübt, mit dem Vierzellenbad unter Hinzufügung zweier supplementärer Elektroden durchgeführt und konnte zu seiner größten Genugtuung konstatieren, daß sich seine Beobachtungen mit jenen Bergoniés vollinhaltlich decken.

Als örtliche Applikation hat sich die Diathermie auch bei der Behandlung von Ohrkrankheiten mittels eines eigens für diese Zwecke von der Firma C. Berg Nachfolger, Braunschweig, konstruierten Apparates Ototherm bewährt.

Die Hochfrequenzbehandlung im Autokonduktionssolenoid zwecks Erniedrigung des Blutdruckes bei Arterienverkalkung, Nierenleiden usw. findet nun auch bei uns in Deutschland immer mehr Anerkennung und vermehrt dadurch den Kreis ihrer Anhänger.

Was sonst auf elektrobiologischem und elektromedizinischem Gebiete im verflossenen Jahre zur Veröffentlichung gelangte, hat für denjenigen, dem daran gelegen ist, sich einen Überblick über dieses Gebiet zu verschaffen, nur so untergeordnete Bedeutung, daß wir von einer Wiederholung desselben ohne jede Beeinträchtigung der hier zu bringenden Übersicht Abstand nehmen zu können glauben und uns damit begnügen wollen, untenstehend die betreffenden Publikationen aufzuzählen[2]).

Röntgenstrahlen. Die Entwicklung des ganzen abgelaufenen Jahres stand unter dem Zeichen der Therapie, und zwar hat sich das Bild während des Jahres vollständig gewandelt. Es gewinnt den Anschein, als wenn die Röntgentechnik in die Reihe der allerersten Heilmethoden rücken würde. Dabei handelt es sich um das Problem, die Strahlung möglichst in die Tiefe zu leiten, also eine möglichst durchdringungsfähige, harte Strahlung zu erzeugen.

Nachdem es dem bekannten Röntgenforscher Friedrich Dessauer (Frankfurt a. M.) gelungen war, durch seine Homogenbestrahlung eine wesentliche

Steigerung der Tiefenwirkung zu erzielen, ging er daran, die Zusammensetzung der unter der Einwirkung eines einzelnen Stromstoßes in einer Röntgenröhre erzeugten X-Strahlung zu analysieren. Er tat dies unter der Voraussetzung, daß es sich dabei um ein Strahlengemisch handeln müsse, und daß es vielleicht, sobald es einmal gelungen sein würde, sich über den Charakter dieses Strahlengemisches zu orientieren, gelingen dürfte, einen Röntgenapparat zu konstruieren, der vorwiegend harte Strahlen erzeugt.

Die Bezeichnung der Röhre als weich oder hart bestimmt ja stets nur einen Mittelwert, während tatsächlich die Strahlung bei jedem Aufleuchten der Röntgenröhre ein ziemlich erhebliches Gebiet der ganzen Strahlenskala enthält. Ein solches Gemisch entsteht jedesmal, wenn die Röhre aufleuchtet, d. h. bei jedem Induktionsstoß, der durch die Röhre hindurchgeht. Es fragt sich nun, ob die Bildung der verschieden harten Strahlen beim Durchgang eines einzigen Stromstoßes gleichzeitig oder der Hauptsache nach hintereinander vor sich geht.

Es ist schon früher gezeigt worden[2]), daß die Entladung des Induktoriums kaskadenförmig verläuft. Abb. 32 stellt diesen Vorgang nach einer photographischen

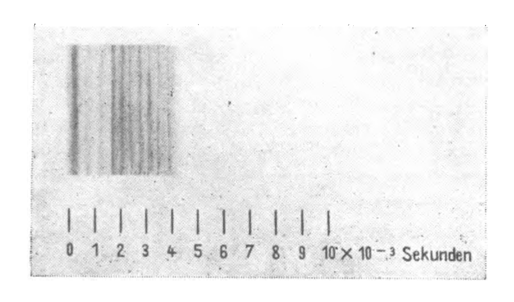


Abb. 32. **Entladung eines Induktoriums durch eine Röntgenröhre.**

Aufnahme dar, die auf folgende Weise zustande gekommen ist. Die X-Strahlung der aufleuchtenden Röhre fiel durch den 1 mm breiten Spalt einer Bleifolie und gelangte von da auf eine rasch rotierende Scheibe, die einen photographischen Film trug. Dabei ließ sich die Leuchtdauer der Röhre bzw. die Dauer der Strahlenemission auf $4 \cdot 10^{-3}$ Sekunden bestimmen und zeigen, daß die Emission der X-Strahlung in einzelnen Schichten vor sich geht. Dessauer fand nun, daß diese Schichten zum Teil verschiedene Härten enthalten und daß das Strahlengemisch der Röntgenröhre nicht nur von ihr selbst, sondern auch in sehr hohem Maße von der Entladungsform des Stromes abhänge. Diese Abhängigkeit ist so groß, daß er in einer gemeinsam mit A. Ernst durchgeführten Untersuchung in einer relativ weichen Röhre von ca. 7 Benoist Strahlen erzeugen konnte, die in ihrer Penetration der Strahlung eines mit 0,5 mm Blei gefilterten Radiumpräparates gleichkommen. Diese Untersuchungen bezogen sich auf Frequenz, Stromdichte und Kurvenform der Entladung.

A B

Abb. 33.

Diese Überlegungen wurden in einer Maschine verwertet, welche die Röntgenröhre beim Betrieb mit hochgespannten Entladungen eines Wechselstromtransformators nur ganz kurze Zeit im Beginne der Induktion einschaltete, dann durch eine von einem Synchronmotor angetriebene Nadel den Strom sofort wieder ausschaltete bzw. auf einen Hochspannungswiderstand überschaltete und dabei die Frequenz reduzierte, die Stromdichte, bezogen auf die Einheit der Kathodenfläche, aufs äußerste erhöhte. Es war dann die Röntgenröhre nur eingeschaltet in dem Kurventeil etwa von *A* bis *B* (Abb. 33). Infolgedessen bildete sich überwiegend nur die harte Strahlung der Röntgenröhre. Mit derartigen Apparaten, die

nach den Angaben Dessauers von den Veifawerken in Frankfurt a. M. gebaut wurden, sind bei der therapeutischen Anwendung der Röntgenstrahlen, speziell zur Behandlung von tiefliegenden Geschwülsten, die eine penetrante Strahlung erfordern, und ganz besonders in der Gynäkologie bei der Behandlung der Myome, Erfolge erzielt worden, so z. B. in der Universitäts-Frauenklinik in Berlin. Eine solche Maschine ist in Abb. 34 dargestellt.

Während Snook und seine Nachahmer von der Verwendung des Wechselstromes und der Transformation des Wechselstroms in hohe Spannung ausgingen, faßte Dessauer seine durch viele Jahre hindurch fortgesetzte Versuche von dem entgegengesetzten Punkte aus an. Er betrachtete nämlich als Ausgangspunkt diejenige Entladungsform des Stromes, die in der Röntgenröhre am besten vertragen wird und verhältnismäßig den größten Anteil Röntgenstrahlen produziert. Durch Versuche physikalischer Art ist, insbesondere von Wien, festgestellt worden, daß ungefähr $1^0/_{00}$ der Elektrizität in der Röntgenröhre in X-Strahlen und das übrige in Wärme verwandelt wird. Es kommt nach

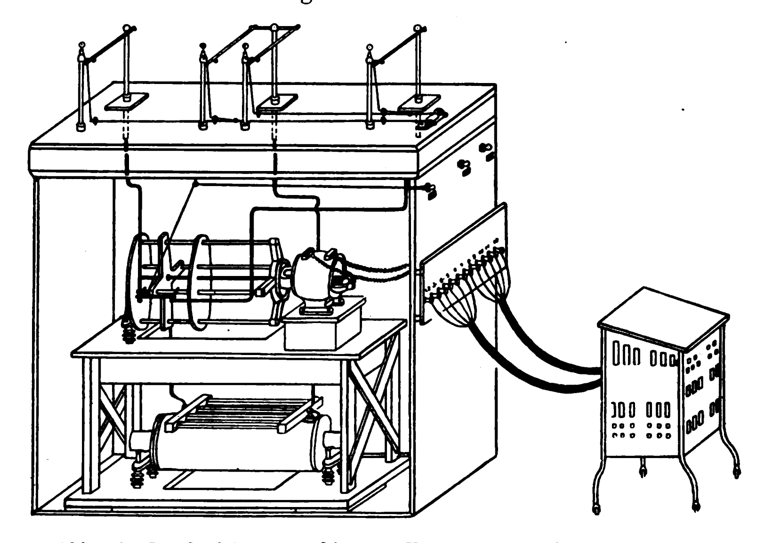


Abb. 34. Wechselstrommaschine zur Erzeugung von Röntgenstrahlen.

dem Gedankengang von Dessauer viel mehr darauf an, zu sorgen, daß von dem hineingegebenen elektrischen Strom 2 oder $3^0/_{00}$ verwendet werden, als darauf, die Stromstärke in der Röhre zu vermehren. Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß die Abnutzung der Röntgenröhre proportional der hineingeleiteten Stromstärke steigt. Aber es ist ebenso sicher, daß die gebildete Röntgenstrahlenmenge nicht proportional der Stromstärke steigt, sondern daß sie hauptsächlich davon abhängt, in welcher Form der Strom durch die Röhre hindurchgeht. Infolgedessen wird beim Reformapparat der Wechselstrom zwar benutzt und auch in hohe Spannung übergeführt, aber er wird nicht der Röhre ohne weiteres zugeleitet, sondern von dem gesamten Wechselstrom werden diejenigen Stromphasen durch eine Apparatur herausgeschnitten, die der Röhre am zuträglichsten sind, und nur diese, von denen ein möglichst großer Anteil Röntgenstrahlen und möglichst wenig Wärme gebildet wird, gelangen überhaupt in die Röntgenröhre hinein.

Bemerkenswert ist, daß das, was in der Starkstromtechnik geradezu als grober Fehler gelten würde, nämlich die Benutzung von nicht geschlossenen Eisenkernen bei Transformatoren, hier zur Notwendigkeit wird. Die starke Streuung und die starke Deformation der Kurve sind erwünscht, und der Stromverlust wird gerne in den Kauf genommen. Wendt hat in seiner Arbeit die dies-

bezügliche Konstruktion Dessauers nachgeprüft und gefunden, daß die Deformation der Kurve bei einem Transformator mit offenem Eisenkern bewirkt, daß die Röntgenröhre, mit einer spitzeren und weniger sinusförmigen Kurve betrieben, mehr X-Strahlung und weniger Wärme bildet.

Als neue Röntgenröhre, die zusammen mit dem Dessauerschen Reformapparat die Erzeugung größerer Mengen harter Röntgenstrahlen für therapeutische Zwecke ermöglicht, käme die Amrheinsche Maximumröhre in

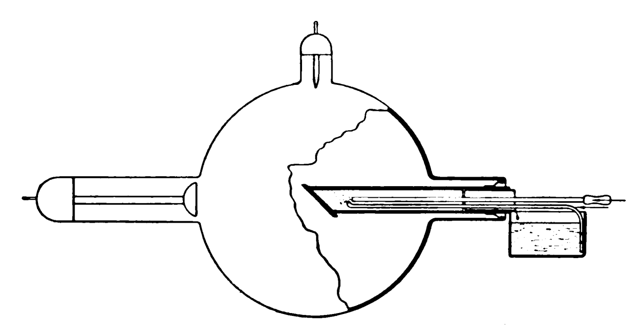


Abb. 35. Röntgenröhre mit Kühlung.

Betracht, bei der Ingenieur Amrhein von den Veifawerken ein neues Kühlprinzip der Röntgenröhre eingeführt hat (s. Abb. 35). Mittel seines starken Gebläses wird ein Wassersprühnebel mit Heftigkeit gegen die Rückwand des Antikathodenspiegels geschleudert und entzieht so der Antikathode in sehr hohem Maße Wärme.

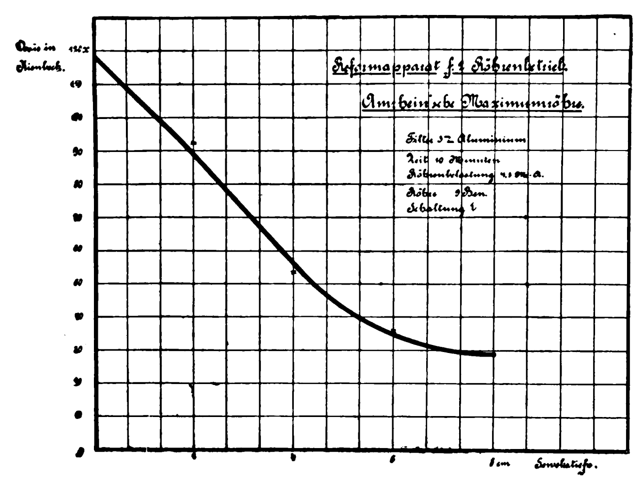


Abb. 36. Eindringen der Röntgenstrahlen.

Der Erfolg ist nun der, daß die Stromdichte in der Röntgenröhre enorm gesteigert werden kann und damit der Anteil an harter Strahlung wächst.

Auf diese Weise wurde die außergewöhnlich hohe Leistung, welche die bisher besten Resultate um das Vielfache übertrifft, erreicht, indem mit dem verstärkten Reformapparat und der Amrheinschen Maximumröhre in 10 Minuten bei 19 cm Fokus-Haut-Abstand, bei einer Röhrenhärte von 9 Benoist bei 4,5 mA Belastung unter 3 mm Aluminiumfilter 119 Kienboeckeinheiten unter dem Filter 29,5 X in 8 cm Tiefe = 25% (siehe die Kurve Abb. 36) erzielt wurden.

Die Reiniger, Gebbert & Schall-Aktiengesellschaft in Erlangen hat mit ihrem Apexapparat ebenfalls ein Instrumentarium geschaffen, das allen Anforderungen hinsichtlich der Produktion harter Röntgenstrahlen entspricht.

Auch in diesem abgelaufenen Jahr haben die Bestrebungen nach einer besseren Dosierung der X-Strahlen noch zu keinem Ziele geführt.

Neben den Röntgenstrahlen werden auf dem Gebiet der Strahlentherapie noch ganz besonders die ultravioletten Strahlen mit überaus befriedigenden Erfolgen, zumal bei der Behandlung der chirurgischen Tuberkulose, in Anwendung gebracht. Als Ersatz für die direkte Sonnenbestrahlung verwendet man sog. Uviol- und Quarzlampenlicht, letzteres besonders in Form der „künstlichen Höhensonne“.

[1]) Arch. f. phys. Med. u. med. Technik Bd VII, Heft 4, 1913. — [2]) Phys. Zeitschrift 13, 1102—1105, 1912.; Münch. med. Wochenschrift 1913. Nr. 13.

XVIII. Erdströme, atmosphärische Elektrizität, Blitzableiter und Blitzschläge.

Von Prof. Dipl.-Ing. Sigw. Ruppel.

Über die Entstehung der Gewitterelektrizität sind schon viele Theorien aufgestellt worden, ohne daß man mit ihnen bisher alle Phänomene der Gewitter erklären konnte.

Die Simpsonsche Gewittertheorie[1]) suchte die Entstehung der Gewitterelektrizität durch die beim Zerstieben der Regentropfen sich aufhäufende Elektrizität zu erklären. Die Grundlage hierfür gaben die Untersuchungen von Lenard, der nachgewiesen hat, daß Tropfen mit einem Durchmesser von 5 mm und mehr nicht bestehen bleiben können, wenn ein vertikaler Luftstrom von mindestens 8 m/s vorhanden ist. Die Tropfen teilen sich dann in mehrere kleinere, die ungehindert fallen können.

Simpson nimmt nun an, daß man bei Gewittern mit einem vertikalen Luftstrom von mindestens 8 m/s immer rechnen kann und daß durch das Zerspratzen der Tropfen kleine Tropfen mit positiven Ladungen entstehen. Die kleinen positiven Tropfen fließen wieder zusammen und werden aufs neue zersprengt, so ihre Ladung steigernd. Die freien negativen Ionen gelangen durch den Luftstrom nach oben und bilden mit den in der Atmosphäre vorhandenen Wolkenteilchen negativ geladene Wolken. Die positiven Tropfen fallen als Platzregen größerer Ergiebigkeit, während die negativen Wolken sich geringer und stetiger ergießen. Seine Theorie stützt Simpson durch mehrjährige Messungen an den Regenfällen in Simla in Indien, die eine gute Übereinstimmung mit seiner Theorie geben.

In den letzten Jahren haben E. Alt, M. Aganin und Schindelhauer[2]) die Theorie angegriffen. Elster und Geitel[3]) versuchen, ihre im Jahre 1885 aufgestellte Influenztheorie der Niederschläge neu auszugestalten, um alle, auch die von Simpson nicht geklärten Erscheinungen, zusammenfassend zu deuten. Es werden aber wohl noch eine große Reihe von scharf diskutierten Beobachtungen an verschiedenen Stellen erforderlich sein, ehe diesen schwer beizukommenden Fragen die erwünschte Klärung verschafft werden kann.

Auch die viel umstrittene Frage der Entstehung von Kugelblitzen findet eine neue Deutung, die Thornton[4]) etwa, wie folgt, gibt. Durch Ionisation an einem vorgeschobenen Teil einer negativ geladenen Wolke wird eine Menge Ozon gebildet, die sich zu einer Kugel sammelt, abgestoßen wird und, da sie ein höheres spezifisches Gewicht als Luft hat, herabfällt bzw. bei Kugeln kleineren Durchmessers in der Nähe der Erde schwebt. Bei der Umwandlung

des Ozons in Sauerstoff werden große Energien frei, welche die Explosionskraft erklären.

Eine eigenartige Form elektrischer Entladungen (wahrscheinlich Glimmentladungen) scheint das sog. Andennenleuchten zu sein, das Knoche[5]) als „weißlichen Saum an gewissen Punkten des Kordillerenkammes" beschreibt. Es sind spektroskopische und luftelektrische Messungen zu seiner Erforschung geplant.

Eine kräftige Blitzwirkung beschreibt Kohlrausch[6]) und berechnet aus der Schmelzwirkung die Stromstärke zu 20 000 A bei 0,03 s bzw. zu 100 000 A bei 0,001 s Blitzdauer. Zu dieser Blitzwirkung werden von anderer Seite einige Bemerkungen[7]) gebracht.

Über den Blitzschutz von Gipfelobservatorien berichtet Obermayer[8]) und zeigt an den Erfahrungen auf dem Hohen Sonnenblick, daß symmetrisch verteilte Ableitungen und langgestreckte Erdleitungen den besten Schutz gewähren.

Auch Wächter[9]), der eine statistische Behandlung der auf die österreichischen militärischen Bauten entfallenden Blitzschläge bringt, betont die guten Erfolge mit stangenlosen und mit mehreren Ableitungen versehenen Blitzableitern, sowie den Wert der Oberflächenerdleitungen. Diese Beobachtungen sind besonders wertvoll, da sie größtenteils in einer äußerst blitzreichen Gegend (dem Karstgebiet) gesammelt sind.

In Deutschland sind aber leider noch in letzter Zeit Bestimmungen bei den Militärbehörden herausgekommen, die hiermit nicht übereinstimmen und ungünstig wirken können, obwohl sie im allgemeinen manches Wertvolle enthalten.

So ist eine „Vorschrift[10]) über Anlage und Prüfung von Blitzableitern an Hochbauten im Bereiche der „Marineverwaltung" (die gleichen wie für Militärhochbauten) erschienen, die beim Kupfer die große Leitungsfähigkeit rühmt und eine galvanische Prüfung sämtlicher Gebäudeleitungen verlangt. Außerdem wird selbst bei Grundwassertiefen bis zu 10 m für jede Ableitung eine besondere Grundwassererdung gefordert.

In einer Weise, die vielfach in Widerspruch mit unseren Anschauungen steht, behandelt Berg[11]) die Blitzableiterfrage, auf den Untersuchungen von O. Lodge fußend. Er rechnet mit oszillatorischen Entladungen von 100 000 bis zu mehreren Millionen in der Sekunde und zieht Eisenleitungen solchen von Kupfer vor, da sie infolge ihrer elektrischen Eigenschaften mehr Energie vernichten und den Schlag dämpfen. Auch behauptet er, daß fehlerhafte Blitzableiter gefährlich seien, und daß sogar schlechte Spitzen schädlich wirken. Die angegebenen Ausführungsformen können nach unseren Anschauungen auch nur teilweise anerkannt werden. Die Kosten sind nicht entsprechend berücksichtigt.

Statistische Werte, welche besonders die Verteilung des Schadens und die Wirtschaftlichkeit der Blitzableiter behandeln, bringt Ruppel[12]) unter besonderer Berücksichtigung des Standpunktes der Feuerversicherungsanstalten.

In einem Vortrag[13]), der als Einleitung zu den Verhandlungen über die Blitzableiterfrage auf dem Verbandstage Deutscher Elektrotechniker[14]) diente, wird nachgewiesen, daß schon seit Franklin die Vereinfachung der Blitzableiter durch Verwendung der metallenen Gebäudeteile angestrebt wird, und daß bisher hauptsächlich veraltete Vorschriften und die durch sie bedingten hohen Kosten die allgemeine Einführung der Blitzableiter verhindert haben. Selbst in Gebieten, in denen reichliche Unterstützungen und Feuerprämiennachlässe bei Herstellung von Blitzableitern gewährt werden, besitzen höchstens 8,6% der Gebäude Blitzableiter, sonst ist die Zahl wesentlich geringer.

Es ist deshalb als ein ganz besonders erfreulicher Schritt zu begrüßen, daß der Verbandstag Deutscher Elektrotechniker 1913 beschließt, die durch den Elektrotechnischen Verein, Berlin, ausgearbeiteten Erläuterungen[15]) und Ausführungsbestimmungen zu den „Leitsätzen über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz" anzunehmen und deren allgemeine Einführung bei den Be-

hörden anzustreben. Da die Erläuterungen für die bisher vielfach noch unklaren Ausführungsmöglichkeiten einfache Konstruktionen bringen, dürfte sich hierdurch der Blitzableiterbau wesentlich einfacher und wirtschaftlicher gestalten.

[1]) Simpson, Phil. Transact. Roy. Soc. London Ser. A, Bd 209, S 379. — [2]) Schindelhauer, Über die El. d. Niederschläge, Berlin 1913, Behrend & Co. — [3]) Elster u. Geitel, Sitz.-Ber. d. kgl. bayer. Akad. 1912, S 392. — [4]) Thornton, Met. Z. 1912, S 39. — [5]) Knoche, Met. Z. 1912, S 87. — [6]) ETZ 1913, S 1085. — [7]) ETZ 1913, S 1246, 1270, 1440, 1914, S 223. — [8]) Obermayer, Met. Z. 1912, S 110. — [9]) Wächter, Mittlg. Artill. Genie. 1912, S 1081. — [10]) Berlin, Mittler & Sohn. — [11]) Berg, General El. Rev. 1913, S 50. — [12]) Wirtschaft u. Recht d. Versicherung. Beiheft zu den Mittlg. f. d. öff. Feuerversicherungs-Anstalten 1913, Nr. 4. — [13]) ETZ 1913, S 643. — [14]) ETZ 1913, S 953. — [15]) ETZ 1913, S 538.

Alphabetisches Namenregister.

ä, ö, ü und ae, oe, ue mit stummem e gelten in der Ordnung für a, o, u.

Alphabetisches Sach- und Ortsregister.

